А.В. Соломатин

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Рекомендовано
Экспертным советом Федерального учебно-методического объединения в системе среднего профессионального образования по укрупненной группе профессий, специальностей (ФУМО СПО по УГПС) 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта» в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе образовательных организаций и учреждений по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог.
Регистрационный номер экспертного заключения № 133 от «25» марта 2020 г.

Москва
2021

УДК 621.33
ББК 39
С60

Рецензенты: преподаватель государственного областного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Елецкий железнодорожный техникум эксплуатации и сервиса» Васильев П.Ю.; заместитель начальника по качеству Сервисного локомотивного депо Курск ООО «ЛокоТех-Сервис — филиал Московский» Медведев М.В.

Соломатин, А.В.

С60 Электрическое оборудование тягового подвижного состава железных дорог: учебное пособие. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. — 216 с.

ISBN 978-5-907206-76-2

В учебном пособии представлена необходимая информация по конструкции, принципам действия электрического оборудования, как электроподвижного состава, так и тепловозов.

В пособии рассматриваются основы теории работы электрооборудования, конструкция и эксплуатационные характеристики аппаратов, которые применяются на тяговом подвижном составе железных дорог.

Учебное пособие написано с соответствием с требованиями программы подготовки специалистов среднего звена по специальности «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог».

УДК 656.2
ББК 39.1

ISBN 978-5-907206-76-2

Для заметок

Введение

В начале XIX века человечество совершило большой шаг вперед в научно-техническом развитии: был изобретен первый локомотив — паровоз. Судьба изобретения интересна: практически в одно время в двух разных странах (в 1829 году отец и сын Стеферсоны в Великобритании и в России в 1833 году отец и сын Черепановы) было представлено на суд истории техническое чудо того времени. Но уже в первые годы эксплуатации паровозов выявились их существенные недостатки, такие как: малое КПД, возможность движения только в одну сторону без потери мощности кабиной вперед, сложность конструкции, ненадежность, большие затраты на ремонт и обслуживание и т.д.

Многие инженеры и конструкторы пытались улучшить эксплуатационные характеристики паровозов, но чем больше над этим работали, тем тверже приходили к выводу, что необходима принципиально новая концептуальная идея в области локомотивостроения. В 1838 году гениальный русский инженер и конструктор академик Б.С. Якоби спроектировал и изготовил действующий макет электровоза постоянного тока, а в 1878 году, использовав наработки Б.С. Якоби, инженер Ф.А. Пироцкий установил электрический двигатель на пассажирскую конку, применив при этом опорно-осевое подвешивание электрического двигателя и нижний токосъем, и провел первые научные эксперименты.

В 1880 году в Санкт-Петербурге был проложен первый рельсовый путь по которому курсировала электрифицированная конка. В этом же году Э.В. Сименс в Германии и Т.А. Эдисон в США разработали и предложили конструкции электровоза как альтернативу паровозам.

По всем техническим свойствам и эксплуатационным возможностям электровоз превосходил паровоз, но обладал несколькими значительными на тот момент недостатками. К таким недостаткам можно отнести: необходимость быстрой электрификации большого количества километров железнодорожных путей и, главное, невозможность передачи постоянного тока на большие расстоя-

ния; теория переменного тока в то время была в стадии формирования.

Таким образом, электровозы остались в качестве действующих прототипов, но научные изыскания продолжались, накапливая научную теоретическую базу, что очень пригодилось в 30-х гг. XX века. По этим причинам в начале XX века бурное развитие получило тепловозостроение. Первый тепловоз в мире — $Щ^{эл1}$ конструктора Я.М. Гаккеля, был испытан на железнодорожном полигоне в России в сентябре 1924 г., а в ноябре того же года — $Э^{эл2}$ инженера Ю.В. Ломоносова с электрической передачей постоянно-постоянного тока.

Как известно, эксплуатационная надежность, ремонтопригодность и срок службы любого локомотива зависят от качества, состояния и ремонта электрического оборудования. Электрическое оборудование, устанавливаемое на подвижном составе, работает в тяжелых эксплуатационных условиях и должно удовлетворять противоречивым и особенным требованиям: выполнять сложные переключения при простоте конструкции; быть надежным при дешевизне изготовления и обслуживания, устойчивым к перепадам напряжения, температурной нестабильности и др.

Для лучшего усвоения материала по курсу «Электрическое оборудование подвижного состава» обучающимся необходимо прослушать полный курс и выполнить практические работы таких дисциплин, как «Электротехника», «Техническая механика», «Электрические машины тягового подвижного состава», «Материаловедение», «Инженерная графика».

Курс «Электрическое оборудование подвижного состава» имеет большое значение для становления специалистов железнодорожного транспорта, связанных с обслуживанием, ремонтом и эксплуатацией подвижного состава.

Учебное пособие написано в соответствии с требованиями программы подготовки специалистов среднего звена по специальности «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог». В данном пособии собрана необходимая информация по конструкции, принципам действия электрического оборудования как электроподвижного состава, так и тепловозов.

Раздел 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Содержание и задачи дисциплины. Назначение и классификация электрических аппаратов. Условия работы

Целью дисциплины является формирование знаний студентов по вопросам теории, принципам построения и функционирования, условиям применения и эксплуатации электрического оборудования силовых и низковольтных цепей подвижного состава.

Основная задача дисциплины — дать будущему специалисту знания по электрическому оборудованию в объеме, достаточном для профессионального выполнения работ по эксплуатации и ремонту подвижного состава.

После изучения курса «Электрическое оборудование подвижного состава» студент приобретает практический опыт в эксплуатации, технического обслуживания и ремонта деталей, узлов электрического оборудования подвижного состава, умеет определять конструктивные особенности узлов и деталей электрического оборудования подвижного состава, обнаруживать неисправности, регулировать и испытывать оборудование подвижного состава, определять соответствие технического состояния оборудования подвижного состава требованиям нормативных документов.

Электрический аппарат — это электротехническое устройство, которое используется для включения и отключения электрических цепей, контроля, измерения, защиты, управления и регулирования установок, предназначенных для передачи, преобразования, распределения и потребления электроэнергии.

В настоящей книге рассматриваются основы теории работы электрооборудования, конструкция и эксплуатационные характеристики аппаратов, которые применяются на тяговом подвижном составе железных дорог.

Классификация электрических аппаратов может быть проведена по ряду признаков: назначению (основной выполняемой функции), области применения, принципу действия, роду тока, испол-

нению защиты от воздействия окружающей среды, конструктивным особенностям и др. Основной является классификация по назначению, которая предусматривает разделение тяговых электрических аппаратов на следующие большие группы:

1) коммутационные аппараты, предназначенные для переключений в цепях тяговых двигателей, вспомогательных машин и электро отопления;

2) параметрические аппараты, изменяющие параметры цепей.

Коммутационные аппараты бывают контактные, замыкающие и размыкающие цепи контактами, и бесконтактные, размыкающие цепи путем резкого снижения своей проводимости (полупроводниковые ключи, магнитные усилители в релейном режиме).

В зависимости от основных функций аппараты относят к силовым, вспомогательным цепям и цепям управления. В силовые и вспомогательные цепи преимущественно входят исполнительные аппараты систем управления. Это токоприемники и заземляющие устройства; коммутационные аппараты для группирования машин при пуске и торможении; регулирование напряжения на тяговых двигателях; резисторы и реакторы и т.д. Сюда же относят аппараты прямой защиты, непосредственно воздействующие на защищаемую цепь (например, быстродействующие автоматические выключатели), и аппараты косвенной защиты, работающие как датчики определенных величин.

Аппараты цепей управления имеют преимущественно распорядительно-информативное назначение. К ним относят следующие аппараты:

- комплекс автоматики,
- контроллеры машиниста,
- кнопочные выключатели,
- автоматические регуляторы электрических и неэлектрических величин,
- блокировки различных видов, обеспечивающие правильную последовательность срабатывания аппаратов и т. д.

Разнообразие функций тяговых аппаратов приводит к разнообразию принципов их действия, конструкций, исполнений. Изучать тяговые аппараты целесообразно на основе существенных обобщений и систематизированного группирования по физической природе элементов, на базе которых они выполнены.

В большей части коммутационных аппаратов используют электромеханические элементы, которые осуществляют переключение цепей, перемещая подвижные части аппарата. Изготовлять и обслуживать такие аппараты несложно, но они обладают рядом недостатков:

• механической и магнитной инерционностью,

• нестабильностью характеристик вследствие изнашиваемости частей,

• незащищенностью от воздействия большого числа внешних и внутренних возмущений,

• относительно низкой надежностью и ремонтопригодностью.

Однако только такие элементы обеспечивают гальваническую развязку цепей, отвечают требованиям электробезопасности в отношении обесточивания цепей и снятия напряжения.

Лучшими свойствами обладают ферримагнитные элементы: магнитные усилители, дроссели насыщения и др. Их недостатками являются, в основном, лишь магнитная инерция и незащищенность от некоторых возмущений (например, от значительных колебаний напряжения). Эти элементы могут быть использованы во многих случаях для тех же целей, что и электромеханические, но они не обеспечивают абсолютного разъединения отключаемых цепей, имеют большие токи утечки, к тому же их массогабаритные показатели не всегда лучше, чем у элементов других видов.

Наиболее благоприятные свойства имеют полупроводниковые элементы, обладающие минимальной инерционностью. Их характеристики стабильны в течение продолжительного времени; при правильных конструктивных решениях эти элементы обеспечивают высокую надежность. Непрерывный процесс совершенствования полупроводниковых элементов делает их наиболее перспективными, хотя и они не обеспечивают абсолютного разъединения отключаемых цепей.

Условия работы

К особенностям условий работы тяговых электроаппаратов относятся:

• ограничения по габаритным размерам и массе,

• повышенный уровень действующих на них динамических возмущений (вибрации, тряски и т.д.),

• повышенная загрязняемость,

- нестабильность напряжения тяговой цепи и цепей управления,
- широкий диапазон температур окружающей среды,
- нестабильность давления сжатого воздуха и др.

Габаритные ограничения. Тяговые аппараты размещены на тяговом подвижном составе (ТПС) в ограниченном пространстве. По условиям электробезопасности большую часть тяговых электроаппаратов силовых цепей в кузове локомотива размещают в высоковольтных камерах (ВВК), где цепи находятся под высоким напряжением.

Расположение ВВК в кузове тепловоза определяется общей компановкой оборудования на локомотиве. Наилучшим является вариант, когда аппаратура устанавливается в одной камере (тепловозы ТЭМ2, ТЭ3, М62, ЧМЭ3, ВЛ10, ВЛ11), но часто такое расположение оказывается невозможным, и аппаратуру размещают в двух (тепловозы 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В, 2ТЭ10МК) или даже в трех камерах (тепловозы 2ТЭ116, 2ТЭ25К).

Для аппаратов, расположенных под кузовом моторных вагонов электропоездов, наибольшие габаритные ограничения приходится выдерживать по высоте. Ограниченные габариты осложняют конструкцию тяговых аппаратов и особенно коммутационных аппаратов.

Внешние динамические возмущения. Тяговые аппараты устанавливают в кузове ТПС, под кузовом или на крыше, то есть в основном они подрессорены. Иногда при установке отдельных аппаратов предусматривают амортизирующие элементы, например эластомерные прокладки. Не подрессоривают лишь устройства для отвода тока, токоприемники при контактном рельсе.

Тяговые аппараты испытывают на обнаружение резонансных частот, вибростойкость, воздействие одиночных ударных нагрузок до 3g.

Повышенная загрязняемость. Большинство тяговых аппаратов практически невозможно полностью защитить от внешних загрязнителей. Герметизация ВВК или других аналогичных камер недопустима. Воздух в таких камерах, имеющих малый объем, интенсивно ионизируется в результате нагревания и коммутационного дугообразования. Это способствует перебросам электрической дуги на корпус или токоведущие части соседних аппаратов. В аппаратных камерах необходим естественный или принудительный обмен воздуха для их деионизации и охлаждения, то есть в них должно

поступать какое-то количество воздуха из кузова или пространства, окружающего ТПС.

При движении поезда со скоростью выше 80 км/ч, даже в случае щебеночного балласта, 1 $м^3$ воздуха на уровне кузова содержит 25–30 мг пыли. При сильных снегопадах и снежных вьюгах масса снега в 1 $м^3$ воздуха достигает 24–25 г. Полностью изолировать аппарат от этих загрязнителей невозможно, и количество, которое окажется в зоне расположения аппаратов, зависит от значительного числа зачастую случайных факторов.

Большое воздействие на состояние изоляционных поверхностей оказывает загрязнение воздуха парами масла и топлива, а также конденсация влаги и образование изморози при резких изменениях температур в условиях эксплуатации.

Из-за повышенной загрязняемости для тяговых электроаппаратов принимают расчетные расстояния перекрытия в 2,5–3 раза большие, чем для аппаратов общетехнического назначения. Кроме того, на все детали аппаратов, подверженные коррозии, наносят антикоррозийное покрытие. В состав типовых испытаний включены климатические испытания, особенно испытания на влагостойкость.

Нестабильность напряжения. Нестабильность входных напряжений оказывает сильное влияние на работу электрического оборудования. Обычно отклонения входного напряжения от его номинального значения $И_{ном}$ строго нормируют.

Нормы колебаний напряжений на токоприемниках магистральных локомотивов постоянного тока допускают отклонения напряжения в пределах от +33 до –36%, переменного тока — от +16 до –25%. При работе по системе многих единиц колебание напряжения в цепях управления на зажимах аппаратов могут составлять до 50%. Эти отклонения существенно превышают установленные нормы для промышленных установок.

Ужесточение соответствующих нормативов на отклонения или технически затруднено, или экономически неоправданно. Нестабильность напряжения существенно влияет на работу и параметры тяговых аппаратов (на магнитодвижущую силу). От величины магнитодвижущей силы МДС зависит сила магнитного притяжения электромагнитного аппарата. При минимальном напряжении необходимо предусматривать более чем двойной запас МДС. Нестабильность напряжения оказывает большое влияние и на ра-

боту усилителей всех видов. Несколько меньше она влияет на работу управляемых полупроводниковых приборов.

Температурные нестабильности. Огромная железнодорожная сеть страны расположена в различных климатических зонах, то есть работает в широком температурном диапазоне. Стандарты на тяговые аппараты предусматривают возможность их различного климатического исполнения, однако, для железнодорожного транспорта это нецелесообразно. Поэтому для всех аппаратов ТПС магистральных железных дорог в соответствии с ГОСТ 9219-88 принимают наибольшую температуру окружающего воздуха: $T_{в\,max} = +60$ °С, наименьшую: $T_{в\,min} = -50$ °С (климатическое исполнение УХЛ3) и $T_{в\,min} = -60$ °С (УХЛ1, УХЛ2). На практике температура воздуха в ВВК достигает 70–80 °С. На дорогах Урала и Сибири, а особенно на БАМе, зимой температура воздуха доходит до –60 °С.

По ГОСТ температурный диапазон несколько занижен и составляет $\Delta T = T_{в\,max} + |T_{в\,min}| = 60 + 50 = 110$ °С.

Нестабильность давления сжатого воздуха. В коммутационных аппаратах широко используют электропневматические приводы, в которых основная сила создается сжатым воздухом. По ГОСТ 9219-88 номинальное давление сжатого воздуха для тяговых аппаратов установлено $P_{ном} = 0,5$ МПа . Но на практике не представляется возможным точно выдерживать это давление, поэтому нормированы его отклонения: от $P_{min} = 0,7P_{ном} = 0,35$ МПа до $P = 1,35P = 0,675$ МПа. Кроме того, аппарат в течение одной минуты без повреждений должен выдержать испытательное давление $P_{исп} = 1,5P_{ном} = 0,75$ МПа .

1.2. Контакты.
Кинематика подвижных контактных соединений

Электрический контакт — это место соединения двух или более токоведущих частей.

Классификация электрических контактов.

1. По исполнению:

1.1. коммутационного исполнения — размыкающие или замыкающие определенные электрические цепи;

1.2. жесткого исполнения — постоянно соединяющие электрические цепи:

1.2.1. разъемные соединения — колодочные соединения;

1.2.2. неразъемные соединения — соединения электрических цепей при помощи пайки, сварки.

2. В зависимости от выполняемой работы:

2.1. работающие на замыкание — при подаче управляющего импульса на привод контакты замыкаются;

2.2. работающие на размыкание — при подаче управляющего импульса на привод контакты размыкаются;

2.3. скользящие.

3. В зависимости от контактной поверхности:

3.1. точечные — контакт образован двумя сферами или поверхностью и сферой;

3.2. линейные — контакт образован двумя цилиндрами или поверхностью и цилиндром;

3.3. поверхностный — контакт образован двумя площадками объемных поверхностей;

3.4. штыревой;

3.5. штепсельный.

Операции включения и выключения разрывных контактов осуществляются воздействием соответствующего привода. Характер этого воздействия зависит от области применения контактов и их нагрузки. Различают по способу нажатия три вида подвижных контактов:

- жесткие без предварительного нажатия (рис. 1, а),
- эластичные без предварительного нажатия (рис. 1, б),
- с предварительным нажатием (рис. 1, в).

Кинематическая схема должна обеспечивать определенное расстояние между подвижным и неподвижным контактами при полном их размыкании, называемое раствором Р (см. рис. 1), а для контактов с предварительным нажатием — возможность перемещения подвижного контакта из положения первоначального соприкосновения контактов в положение предельного перемещения при устранении неподвижного контакта (это перемещение называют провалом) и необходимый перекат подвижного контакта по неподвижному в процессе притирания. Минимальный раствор ограничен условиями надежного дугогашения при малых токах. Провал должен обеспечивать надежную работу контактов при их износе либо необходимый процесс притирания контактов при их замыкании. Перекат, сопровождающийся небольшим скольжением

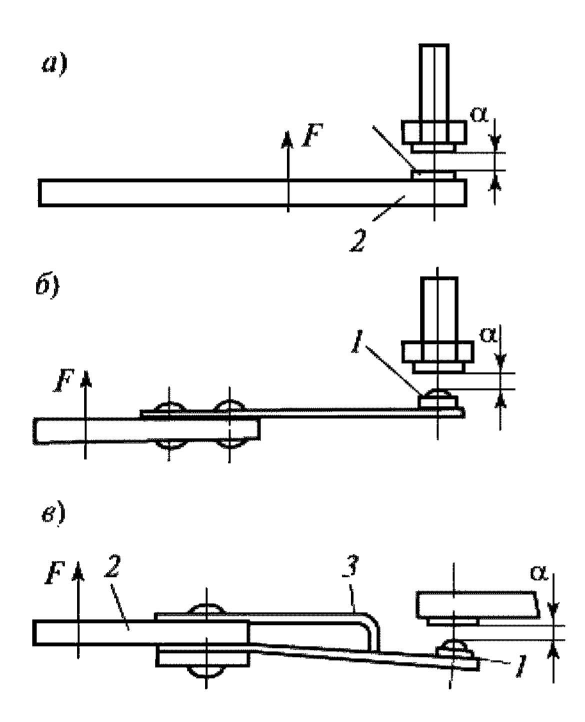


Рис. 1. Классификация контактов по способу нажатия:
а — жесткие без предварительного нажатия; б — эластичные без предварительного нажатия; в — эластичные с предварительным нажатием

подвижного контакта по неподвижному, выбирают исходя из необходимости удаления рабочей поверхности соприкосновения от поверхности, связанной с дугой при размыкании контактов, и снятия окислов с контактов в процессе их замыкания.

На рис. 2, а, б и в показаны различные положения подвижного и неподвижного линейных контактов в процессе включения. В положении, показанном на рис. 2, а, контакты раздвинуты на размер раствора, рис. 2, б соответствует моменту их соприкосновения в точке а, а рис. 2, в — окончанию процесса включения в точке б.

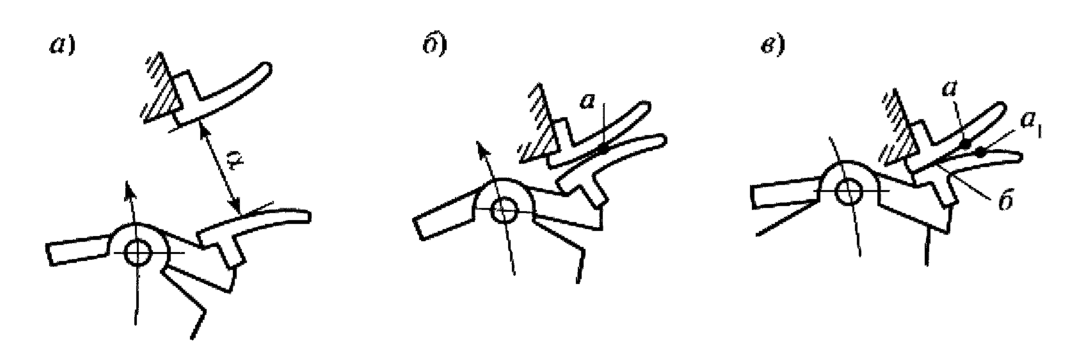


Рис. 2. Схема замыкания контактов

При замыкании подвижный контакт катится по неподвижному и одновременно скользит по нему вправо, в результате чего расстояние перемещения по неподвижному контакту меньше, чем по подвижному. Величина скольжения примерно равна 10–25% траектории соприкосновения на неподвижном контакте: $\Delta C_к a = (0{,}10 \div 0{,}25)\,б$. При меньших значениях скольжения поверхности зачищаются недостаточно, при больших происходит слишком быстрое их изнашивание. Для металлокерамических накладок значения $\Delta C_к$ можно уменьшать на 25–30%.

Для обеспечения описанного процесса включения в тяговых аппаратах обычно применяют кинематическую схему с притирающей пружиной (рис. 3).

Рычаг подвижного контакта 1 вращается вокруг оси 01, ось вращения 02 держателя 3 подвижного контакта находится на конце рычага 1. Притирающая пружина 2, работающая на сжатие и имеющая некоторое начальное сжатие, вставлена между выступами держателя 3 и рычага 1. В разомкнутом положении контактов под действием этой пружины держатель поворачивается против часовой стрелки до упора в выступ У1 рычага 1. При включении под действием привода рычаг совместно с держателем и подвижным контактом поворачивается относительно оси 01 против часовой стрелки. На первой стадии включения происходит сближение контактов до момента соприкосновения их в точке а (рис. 3, а). Дальнейшее движение рычага сопровождается перекатыванием подвижного контакта по неподвижному с проскальзыванием по поверхности, то есть с притиранием. В положении полного включения (рис. 3, б) контакты соприкасаются в точке 8.

Применяют два типа рычажных систем подвижного контакта: с ограниченным ходом рычага и нажатием контактов, обеспечивае-

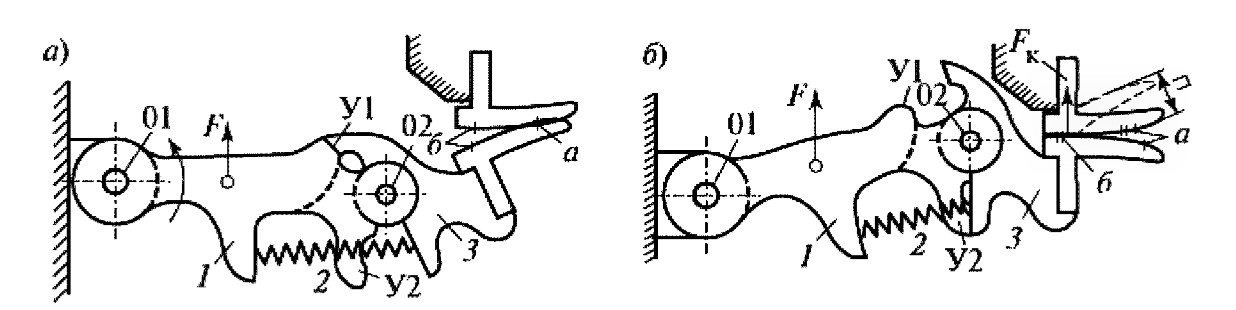


Рис. 3. Схема притирания контактов

мым притирающей пружиной, и с неограниченным ходом рычага и упором на контактах. В первом случае ход рычага ограничивается или приводом, который перемещает рычаг только до определенного положения, или сам рычаг снабжается упором, фиксирующим его конечное положение. Нажатие контактов при этом определяется усилием притирающей пружины. Притирающая пружина компенсирует износ контактов, причем она сжимается на меньшую величину, и нажатие контактов соответственно уменьшается. Очевидно, что максимальный износ контактов в этом случае не может превышать провала. Во втором случае, показанном на рис. 3, б, конечное положение при включении фиксируется упором У2 на рычаге 1, который ограничивает поворот держателя относительно рычага. В этом положении держатель с рычагом 1 представляет уже как бы единый рычаг, и сила привода с учетом соотношения плеч передается на контакты и создает нажатие $F_к$. Здесь притирающая пружина определяет нажатие контактов только в процессе притирания, износ их компенсируется дополнительным ходом привода и рычага, а провал имеет значение только для притирания контактов и не является запасом на износ. Хотя конечная сила нажатия контактов в этом случае и не зависит от усилия притирающей пружины, для надежного притирания она должна быть достаточно большой. Так как износ контактов компенсируется дополнительным ходом рычага, привод, передвигающий рычаг при замыкании контактов, не должен иметь ограничения хода и обеспечивать постоянное или мало убывающее усилие в пределах дополнительного хода рычага на размер износа контактов.

1.3. Дугогашение и дугогасительные устройства

Условия возникновения и гашения дуги. Размыкание электрических цепей коммутирующими устройствами обычно сопровождается возникновением электрической дуги. Дуга возникает при токах более 0,5–1 А и напряжениях выше 15–18 В. Ток и напряжение, при которых образуется дуга, зависят в значительной мере от материала контактов. В тяговых аппаратах дуга появляется при размыкании под током силовых и вспомогательных цепей, а также цепей управления, особенно с большими индуктивностями.

Представление об электрической дуге как о «неизбежном зле» при коммутациях не вполне оправдано. В ряде случаев неблаго-

приятное воздействие дуги значительно менее опасно, чем те явления (коммутационные перенапряжения), которые возникают при ее отсутствии. Устройства дугогашения следует рассматривать как средства управления электрической дугой, для чего необходимо знать ее свойства и характеристики.

Электрическая дуга — это процесс прохождения тока в среде ионизированных газов при термическом характере их ионизации. Напряжение между электродами при горении дуги распределяется согласно диаграмме (рис. 4). Катодное и анодное падение напряжения соответственно на участках К и А происходят на малой длине дуги порядка 10^{4} см. В сумме эти падения напряжения составляют от 15 до 30 В в зависимости от материала и температуры катода. Вся остальная часть дуги (длина С), называемая столбом, характеризуется довольно равномерным градиентом около 20–30 В/см.

При относительно больших токах и напряжениях дуга — необходимый элемент процесса разрыва цепи. Она обеспечивает плавное уменьшение тока в цепи благодаря непрерывному нарастанию сопротивления в ней и поглощению электромагнитной энергии, запасенной в индуктивностях. Если бы дуга отсутствовала, то при мгновенном разрыве контактов электромагнитная энергия преобразовалась бы в электростатическую, что при малой емкости цепи привело бы к большим перенапряжениям.

Электрическая дуга может быть погашена в том случае, если процесс деионизации столба протекает с большей скоростью, чем процесс ионизации. Особенности цепей ТПС определяются значительными индуктивностями, что вызвано наличием в них тяго-

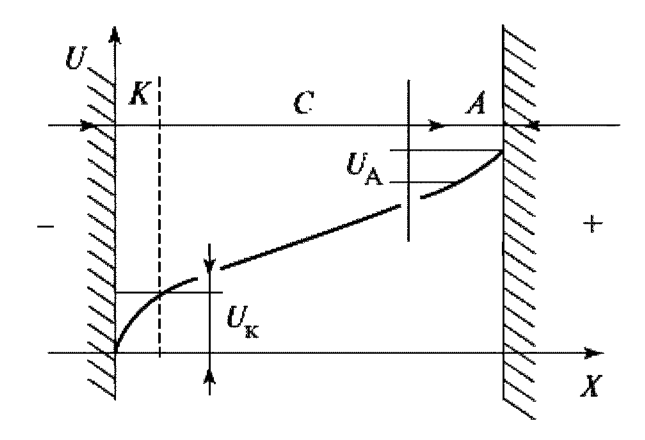


Рис. 4. Диаграмма распределения напряжения

вых машин, магнитные системы которых обладают большим запасом электромагнитной энергии.

Для обычных параметров ТПС расчеты показывают, что коммутационные перенапряжения в зависимости от исходного режима могут превышать 40–90 кВ. Такие перенапряжения для изоляции электрооборудования недопустимы. Даже в более легких случаях, например при слишком быстром гашении дуги в быстродействующих выключателях при номинальном напряжении на токоприемнике 3 кВ, перенапряжения достигали 21–28 кВ.

При управлении дугой можно ограничивать коммутационные перенапряжения, но полностью избежать их нельзя. ГОСТ 9219-88 предусматривает, что наибольшие напряжения на контактах при отключении нагрузки не должны превышать амплитудных значений испытательных напряжений, за исключением аппаратов на номинальное напряжение 3 кВ, для которых коммутационные перенапряжения не должны быть выше 9 кВ, а при установке совместно с разрядниками могут достигать 13,5 кВ.

Аппараты должны выдерживать в течение одной минуты следующие испытательные напряжения переменного тока 50 Гц (действующие значения) (табл. 1).

Таблица 1

Испытательное напряжение, В	Номинальное напряжение, В		
	Аппараты постоянного тока	Аппараты переменного тока	Контакты аппаратов постоянного тока с дугогасительными камерами
750	до 30	до 30	—
1500	30–300	30–100	—
$1{,}65U_{ном} + 1000$	—	—	220–660
$2{,}0U_{ном} + 1500$	300–660	100–660	—
$2{,}2U_{ном} + 1500$	—	—	660–3000
$2{,}5U_{ном} + 2000$	660–3000	660–3000*	—
$2{,}2U_{ном} + 20000$	—	10000, 25000	

Для аппаратов без корпусов, ящиков испытательное напряжение: $1{,}2(2{,}5\,U_{ном} + 2000)$ В.

Условия гашения дуги переменного тока. Дуга переменного тока отличается от дуги постоянного тока тем, что изменения напряже-

ния и тока повторяются в каждом полупериоде. В продолжение периода направление тока в дуге меняется на обратное, что сопровождается переходом тока через нуль, то есть его прерыванием. Одновременно изменяются положения катодных и анодных пятен. Все это делает дугу переменного тока менее устойчивой, чем дугу постоянного тока, и облегчает условия ее гашения. Возникающее коммутационное перенапряжение при действующем значении исходного напряжения U_0 может достигать $U = (5 \div 7)\cdot\sqrt{2}\,U_0$.

Из-за высоких коммутационных перенапряжений срез тока нежелателен, но часто бывает необходим в аппаратах защиты от коротких замыканий. При этом можно несколько облегчить процессы дугогашения и снизить коммутационные перенапряжения путем шунтирования дуги резистором с нелинейным сопротивлением. Обычно это применяют в главных выключателях ЭПС переменного тока. В остальных случаях горение дуги продолжается в течение одного или нескольких полных полупериодов, а цепь выключается окончательно при проходе тока через нуль.

Способы гашения дуги. Как указывалось, для гашения дуги необходимо, чтобы скорость деионизации превышала скорость ионизации. Деионизация может быть достигнута различными способами, к ним относятся:

• удлинение ствола дуги — путем перемещения электродов, воздействием электромагнитных или электродинамических сил, воздействием на дугу газового потока;

• повышение градиента падения напряжения в дуге — путем охлаждения ствола газовым потоком, увеличением периметра поперечного сечения ствола дуги;

• применение среды с газами повышенной теплоемкости для усиления теплорассеяния от ствола дуги;

• интенсификация отбора тепла от катодного и анодного пятен — увеличением массы, теплопроводности и теплорассеяния элект родов.

Все эти способы, чаще их комбинации, применяют в современных тяговых аппаратах. Некоторые из них, например гашение дуги в вакууме, хотя и не нашли пока еще применения в тяговых аппаратах, но представляются несомненно перспективными.

Дугогасительные устройства. Такие устройства должны обеспечивать по возможности малое время гашения и малую энергию выде-

ляемую дугой (во избежание значительного перегрева контактов), отсутствие опасных перенапряжений при гашении дуги, приемлемые размеры дугогасительного устройства. Применяемые дугогасительные устройства зависят от назначения и отличаются разными способами гашения, позволяющими удовлетворить указанные требования без существенного усложнения и увеличения их габаритов.

В аппаратах, специально рассчитанных для защиты цепи от коротких замыканий, все конструктивные решения подчиняются основному требованию — быстродействию. На электровозе или моторном вагоне обычно устанавливают один быстродействующий выключатель, поэтому можно допустить относительно большие размеры дугогасительной камеры. В контакторах, которые предназначены только для разрыва рабочих токов цепи, быстродействие не столь обязательно; здесь существенно важно не допустить чрезмерных габаритов камеры, так как обычно на каждой единице ТПС устанавливается несколько контакторов.

Магнитное дугогашение. Существуют две разновидности магнитного дугогашения: электромагнитное и дугогашение с постоянными магнитами. Последнее применяется редко, на ТПС такое дугогашение используют только в разрядниках. По способу включения дугогасительных катушек различают последовательное и независимое возбуждение. Для разрыва больших токов дугогасительные катушки обычно включают последовательно в цепь контактов коммутационного аппарата. Это обеспечивает ее автоматическое выключение после разрыва аппаратом цепи тока. При этом с увеличением разрываемого тока возрастает магнитное поле и, следовательно, сила, выдувающая дугу. Кроме того, при последовательном включении сохраняется всегда одинаковое направление электродинамических сил гашения.

Рассмотрим простейшую дугогасительную камеру с электромагнитным гашением (рис. 5, а). Последовательно с контактами в цепь тока между зажимом Б и рогом Р1 включена дугогасительная катушка К со стальным сердечником. К сердечнику примыкают полюсы П (рис. 5, б) из листовой стали, между которыми в области горения дуги создается магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка. Полюсы изолированы от дуги стенками дугогасительной камеры Т из изоляционного дугостойкого материала. Дуга, возникающая между контактами, под действием

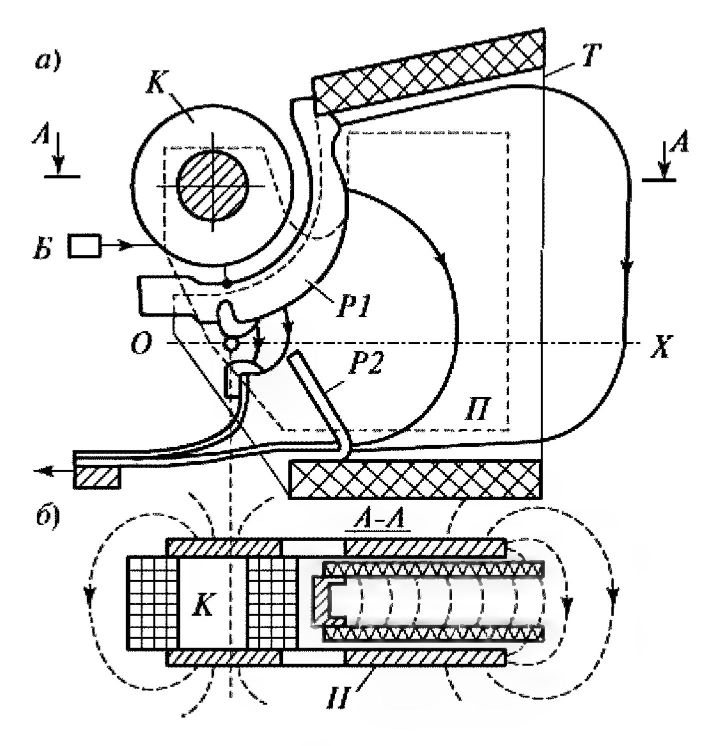


Рис. 5. Дугогасительное устройство (а) и схема, поясняющая взаимодействие магнитного потока дугогасительной катушки и дуги (б)

магнитного поля полюсов перемещается перпендикулярно силовым линиям поля, показанным на рис. 5, б штриховыми линиями со стрелками. Их направление выбирается так, чтобы дуга перемещалась к выходу из камеры, перебрасываясь с контактов на рога Р1 и Р2 и все более удлиняясь. Переднюю (правую по чертежу) часть камеры оставляют открытой для свободного выхода газов. Дугогасительные рога, между которыми дуга горит большую часть времени, способствуют быстрейшему ее удлинению и защищают контакты от чрезмерного нагрева. Дугогасительная камера служит для защиты от перебросов дуги на полюсы и другие близко расположенные детали. Кроме того, стенки камеры способствует охлаждению и деионизации дуги.

Сила, действующая на элементы дуги, пропорциональна произведению индукции B магнитного поля гашения и тока i в дуге: $F = кBт$. В процессе гашения дуги, по мере ее удлинения и удаления от оси дугогасительной катушки, индукция магнитного поля гашения резко падает. В связи с одновременным снижением тока сила, действующая на дугу, резко уменьшается и скорость перемещения дуги снижается. Все это способствует уменьшению перена-

пряжений при гашении, но ограничивает разрывную способность дугогасительных устройств.

На дугу также дополнительно воздействуют газы, выделяемые при горении стенками ее камеры. Размеры камеры в значительной мере определяются конечной длиной дуги, которая в момент гашения значительно выше критической. Эффективность дугогасительных камер в значительной степени зависит от изоляционных материалов, применяемых для их внутренней облицовки. Ранее для этих целей использовали преимущественно электротехнический асбоцемент в виде листов разной толщины. В настоящее время для изготовления дугогасительных камер тяговых аппаратов применяют преимущественно специальные дугостойкие пластмассы.

Дугогасительная камера может быть усовершенствована введением дополнительных устройств, например, применением продольных перегородок, разделяющих камеру на несколько продольных щелей. В камерах с узкой щелью в начале гашения в области больших токов дуга касается стенок камеры и интенсивно охлаждается, а напряжение на ней резко возрастает; в области малых токов сечение дуги уменьшается и прекращается соприкосновение со стенками камеры; второй этап гашения замедляется, вследствие чего снижаются перенапряжения.

Другим средством интенсификации дугогашения является дополнительное удлинение дуги путем деформации ее траектории, например с помощью поперечных перегородок (рис. 6), которые

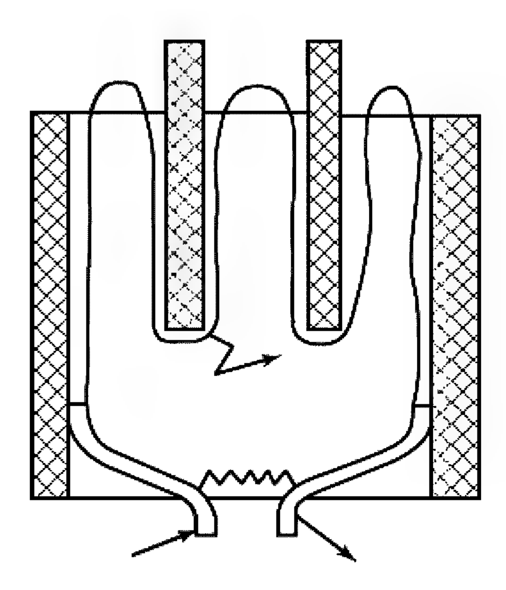


Рис. 6. Схема удлинения дуги

способствуют искривлению дуги в процессе перемещения ее в камере. Существенное удлинение дуги и повышенную интенсивность ее охлаждения обеспечивают широко применяемые в защитных и коммутационных аппаратах ТПС лабиринтно-щелевые дугогасительные камеры (рис. 7), в которых дуга не только растягивается, но и приобретает зигзагообразное искривление. Высота выступов лабиринта, а вместе с тем и длина дуги увеличиваются по мере перемещения ее по длине камеры, что создает благоприятные условия для интенсивного охлаждения и деионизации дуги.

Увеличить падение напряжения в дуге без ее удлинения можно применив дугогасительную (деионную) решетку, набранную из металлических изолированных одна от другой пластин, которые расположены поперек оси дуги. Дуга, перемещаясь, разделяется решеткой на большое число последовательных дуг (рис. 8, а), каждая из которых имеет свое околоэлектродное падение напряжения с повышенным градиентом. В результате общее падение напряжения в дуге резко увеличивается.

Взаимодействие тока дуги с магнитными полями, образуемыми в перегородках, создает дополнительный эффект «втягивания» дуги в решетку. С этой целью перегородке придают форму согласно рис. 8, б. Магнитные потоки, взаимодействуя с дугой проводника тока, создают дополнительное усилие, перемещающее дугу к выходу камеры. Дугогасительные решетки широко используют

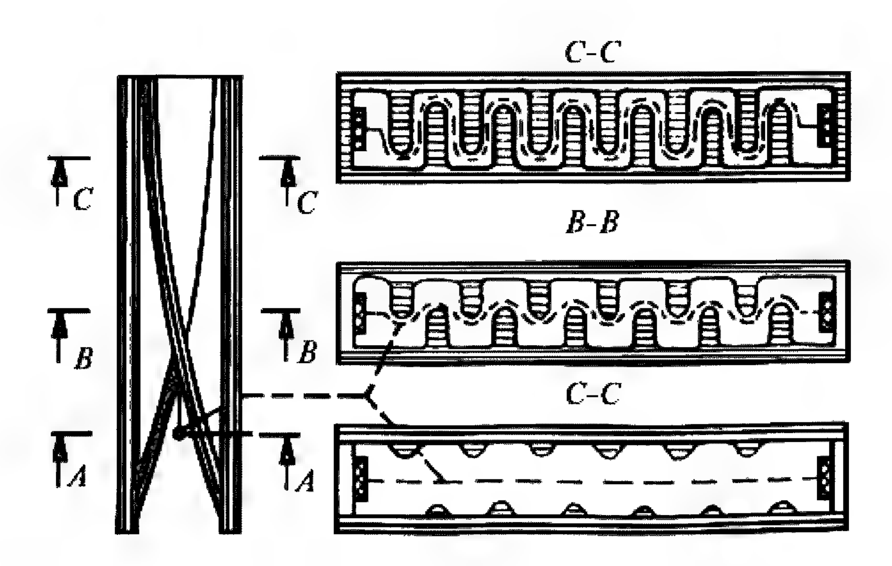


Рис. 7. Схема лабиринтно-щелевой дугогасительной камеры

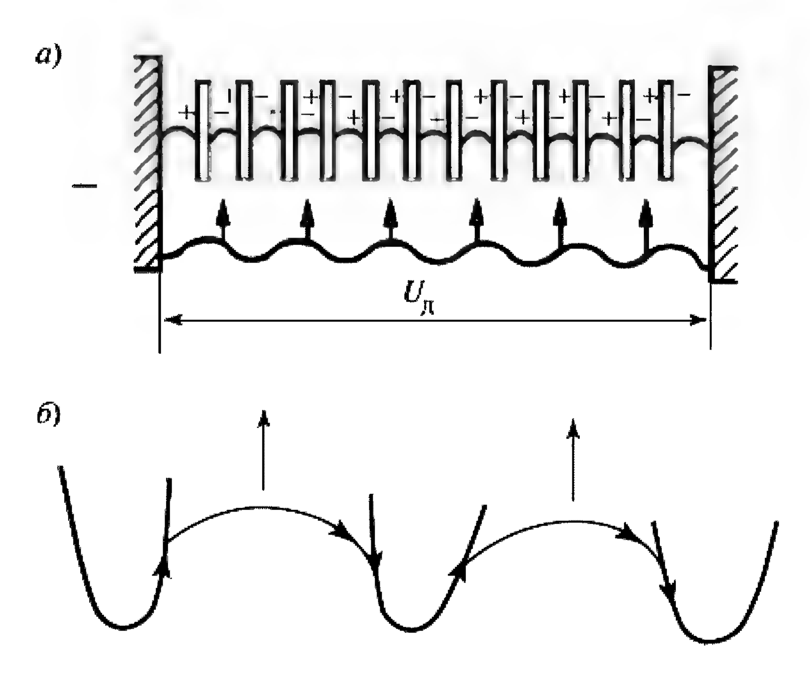


Рис. 8. Схемы, поясняющие гашение дуги в дугогасительной (деионной) решетке

в низковольтных аппаратах переменного тока как основное средство дугогашения. В тяговых аппаратах дугогасительные решетки применяют как вспомогательное средство для того, чтобы «не выпустить» дугу из камеры, это в условиях габаритных ограничений весьма существенно.

Деионная решетка на выхлопном отверстии камеры может вызвать резкое снижение тока, подобное его срезу. Для сглаживания процесса выключения иногда часть пластин шунтируют резистором.

Газовое дугогашение. В тяговых аппаратах нашли применение два основных вида газового дугогашения: расширительное, при котором поток газов создает сама дуга, и воздушное, когда на дугу действует искусственная воздушная струя.

Расширительное дугогашение. При расширительном дугогашении не требуется сложных устройств для создания направленной газовой струи. Оно наиболее подходит для аппаратов (или их элементов) одноразового исполнения — вставок плавких предохранителей. Принцип расширительного дугогашения заключается в разрушении ствола дуги в процессе импульсного повышения давления в зоне дугогашения. а затем его импульсного снижения. При этом ионизированные частицы ствола рассеиваются и разрушается его целостность как проводника тока. Эффект дугогашения усилива-

ется, если пространство ствола заполняется нейтральной, неионизированной массой (жидкостью, порошком, песком).

Расширительное дугогашение используют только в плавких предохранителях. Первоначально такие предохранители выполняли с выхлопом газов в окружающее пространство (высоковольтные предохранители «стреляющего» типа для защиты вспомогательных цепей). Однако при этом происходила такая ионизация воздуха высоковольтной камеры, при которой возникали дуги в других цепях. Применяют плавкие предохранители только герметические, заполненные кварцевым песком или мраморной крошкой и мелом.

Воздушное дугогашение. Необходимость применения воздушного дугогашения в тяговых аппаратах вызвана тем, что на участках, электрифицированных переменным током, при коротких замыканиях приходится отключать мощности до 200–250 МВ А и токи до 20–25 кА. Выключатели других типов по ряду причин оказываются для ЭПС неприемлемыми. Дуга гасится струей сжатого воздуха преимущественно вследствие быстрого отвода тепла от ее ствола и связанной с этим деионизацией. Различают два способа гашения: при поперечном и продольном направлении струи сжатого воздуха по отношению к оси дуги. Поперечно струю воздуха направляют преимущественно в аппаратах, рассчитанных на напряжение менее 15 кВ. Для выключателей ЭПС переменного тока почти всегда применяют продольное дутье.

При воздушном дугогашении в большинстве случаев неизбежно появление срезов тока или его резких снижений, близких к срезам. Поэтому для ограничения коммутационных перенапряжений выключатель шунтируют резистором нелинейного сопротивления.

Воздушное дугогашение не следует смешивать с применяемой иногда в контакторах продувкой дугогасительной камеры. Она служит для деионизации камеры после погасания дуги, но не может оказать заметного влияния на горение дуги. Для этого недостаточна скорость воздуха и, кроме того, поток направлен не оптимально по отношению к дуге.

Система дугогашения предназначена для гашения электрической дуги, возникающей при разрыве контактов под нагрузкой. Электрическая дуга обладает определенным сопротивлением, зависящим от ее длины, площади сечения, условий охлаждения среды, и может существовать между электродами до тех пор, пока напря-

жение между ними не станет меньше напряжения, необходимого для поддержания дуги. При увеличении тока электропроводность дуги возрастает, так как термоэлектронная эмиссия и термоионизация усиливаются. Поэтому сопротивление дуги убывает при увеличении тока. Электрическая дуга постоянного тока может быть погашена только в том случае, если процесс деионизации дугового промежутка протекает с большей скоростью, чем процесс ионизации. При постоянных параметрах цепи уменьшение числа ионизированных частиц ведет к увеличению сопротивления дуги, а следовательно, к снижению тока в дуге. В результате этого дуга начинает гореть неустойчиво. В цепи переменного тока гашение дуг и облегчается вследствие периодического перехода тока через нуль. Условия гашения для дуги переменного тока примерно такие же, как и для дуги постоянного тока. Дуга переменного тока может погаснуть либо при переходе тока через нуль, либо в середине полупериода. Последнее сопровождается большими перенапряжениями.

Большие перенапряжения возникают и при быстром выключении цепи постоянного тока. Значение их зависит от индуктивности цепи и скорости гашения дуги: чем больше индуктивность цепи и скорость выключения, тем больше перенапряжения. Чрезмерное перенапряжение при гашении дуги может быть причиной пробоя изоляции аппаратов и машин, а иногда и вторичного зажигания дуги, что значительно увеличивает износ стенок дугогасительных камер и длительность действия тока короткого замыкания, если при разрыве этого тока происходят повторные зажигания дуги. Деионизация дугового промежутка увеличивается охлаждением столба дуги путем уменьшения площади его сечения, увеличения длины и пути перемещения дуги в окружающем ее пространстве. В тяговой аппаратуре это выполняют различными средствами гашения и различной конструкцией дугогасительных устройств. Способ гашения дуги в значительной степени определяет надежность работы коммутирующих аппаратов, их конструктивные формы и области применения. В аппаратах низкого напряжения с малыми номинальными токами гашение дуг обеспечивают соответствующим выбором расстояния между разомкнутыми контактами, то есть их раствора. В аппаратах с большими токами, даже относительно низкого напряжения, обеспечивать гашение дуги только путем увеличения раствора контактов нецелесообразно по конст-

руктивным соображениям. В этом случае гашение дуги при сравнительно небольшом растворе контактов осуществляют дугогасительными устройствами. Эти устройства должны обеспечивать надежное гашение дуги при возможно меньшем объеме устройства и малом износе контактов и камеры.

В тяговой аппаратуре электроподвижного состава применяют системы дугогашения:

- в узких щелях с магнитным дутьем,
- с магнитным дутьем и деионной решеткой,
- с воздушным дугогашением,
- комбинированные с воздушным и магнитным дутьем.

Дугогасительное устройство с магнитным дутьем электропневматического контактора состоит из следующих частей: дугогасительной катушки 5 (рис. 9), которая включена последовательно с контактами 6 и 7 в цепь тока; стального сердечника 4; дугогасительных рогов — верхнего 3 и нижнего 8; дугогасительной камеры 1 и

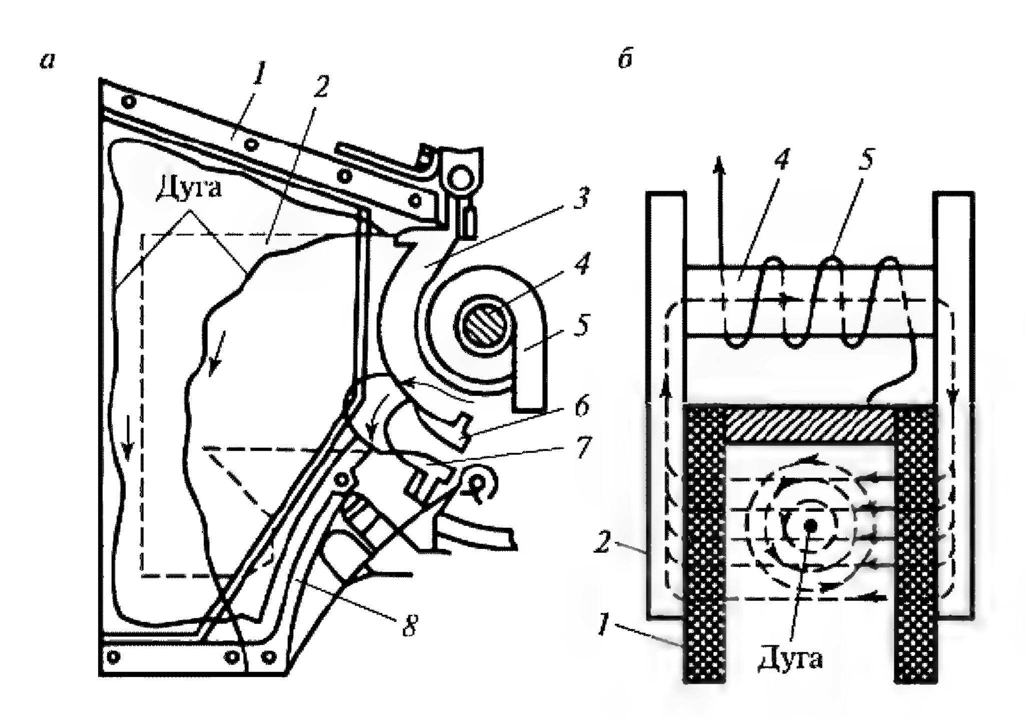


Рис. 9. Дугогасительное устройство с магнитным дутьем:
а — общая конструкция дугогасительной системы аппарата; б — взаимодействие магнитных полей дуги и дугогасительной катушки; 1 — дугогасительная камера; 2 — полюса; 3 — верхний дугогасительный рог; 4 — сердечник; 5 — дугогасительная катушка; 6, 7 — контакты; 8 — нижний дугогасительный рог

полюсов 2 из листовой стали, с двух сторон примыкающих к сердечнику 4. Между полюсами 2 в области горения дуги катушка 5 создает магнитное поле, которое при размыкании контактов 6 и 7, взаимодействуя с магнитным полем дуги, выталкивает дугу на расходящиеся концы контактов, перебрасывает на рога, растягивает ее, удлиняет и, наконец, разрывает в камере.

Для высоковольтных аппаратов с электромагнитным гашением дуги при последовательном включении катушки характерно слабое дугогашение при малых токах, когда магнитное поле невелико. В этом отношении надежнее параллельное питание дугогасительных катушек, но практически его не применяют ввиду большой сложности и худшего действия при размыкании больших токов. Дугогасительные устройства должны обеспечивать по возможности малое время гашения и малую энергию, выделяемую дугой, отсутствие опасных перенапряжений при гашении дуги, приемлемые размеры дугогасительного устройства. Применяемые дугогасительные устройства зависят от назначения аппарата и отличаются разными способами гашения, позволяющими удовлетворить указанные требования без существенного усложнения и увеличения их габаритов.

В аппаратах, специально рассчитанных для защиты цепи от коротких замыканий, все конструктивные решения подчиняются основному требованию — быстродействию. На электровозе или моторном вагоне обычно устанавливают один быстродействующий выключатель, поэтому можно допустить относительно большие размеры дугогасительной камеры. В контакторах, которые предназначены только для разрыва рабочих токов цепи, быстродействие не столь обязательно; здесь существенно важно не допустить чрезмерных габаритов камеры, так как обычно на каждой единице устанавливается несколько контакторов.

Дуга представляет собой непрерывный поток электронов и ионов, образующихся в результате ударной и термической ионизации молекул газа дугового промежутка, а также выделения электронов и ионов раскаленными поверхностями контактов. Для возникновения дуги напряжение между разомкнутыми (металлическими) контактами должно быть выше 12–20 В, а ток — не менее 0,3–0,9 А. Ток и напряжение, при которых образуется дуга, зависят в значительной мере от материала контактов. При горении дуги происходят одновременно процессы ионизации и деионизации. Деиониза-

ция обусловлена рекомбинацией и диффузией заряженных частиц. Рекомбинация происходит вследствие соединения при соударении в процессе термической ионизации частиц, несущих заряды противоположных знаков, то есть вследствие нейтрализации частиц. Диффузия представляет собой рассеивание заряженных частиц из области дуги в окружающее пространство за счет выравнивания плотности газов. Интенсивность рекомбинации резко возрастает с понижением температуры дуги, а интенсивность диффузии — с уменьшением диаметра ее столба. Электрическая дуга может быть погашена в том случае, если процесс деионизации столба протекает с большей скоростью, чем процесс ионизации. Показателем процесса гашения дуги является непрерывное уменьшение тока в ней, что определяется видом характеристики дуги. Как указывалось, для гашения дуги необходимо, чтобы скорость деионизации превышала скорость ионизации.

Деионизация может быть обеспечена охлаждением столба дуги путем его удлинения, уменьшения сечения и перемещением дуги в окружающем ее воздухе. Это достигается различными средствами гашения и дугогасительными устройствами различной конструкции.

Раздел 2. КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ

2.1. Индивидуальные электропневматические контакторы

Многие аппараты электровозов переменного и постоянного тока имеют пневматический привод, который действует при подаче сжатого воздуха в его цилиндр. Доступ сжатому воздуху из резервуара в цилиндры приводов аппаратов и из этих цилиндров в атмосферу открывают и закрывают пневматические клапаны. Управление пневматическими клапанами осуществляется с помощью электромагнитов. Электромагнит и система клапанов чаще всего размещены в одном аппарате. Простейшим таким аппаратом является электромагнитный вентиль. Такой вентиль состоит из электромагнита и распределительной клапанной коробки. Магнитную цепь составляют ярмо 6 (рис. 10), сердечник 5 и якорь 2. Внутри сер-

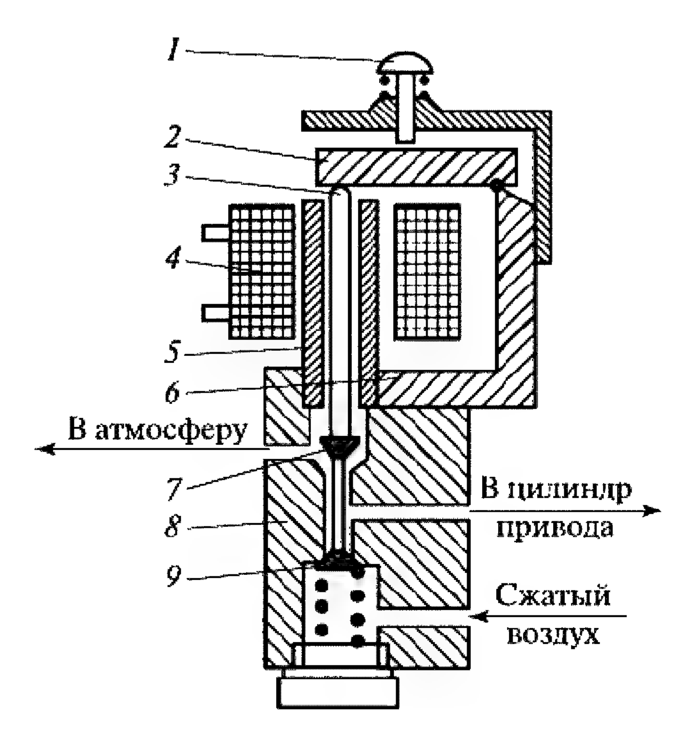


Рис. 10. Вентиль включающего типа:
1 — грибок; 2 — якорь; 3 — шток; 4 — катушка; 5 — сердечник; 6 — ярмо; 7, 9 — клапаны; 8 — корпус клапанной коробки

дечника проходит шток 3, воздействующий на клапан 7. Когда по катушке 4, посаженной на сердечник, не протекает ток, клапаны под воздействием пружины подняты в верхнее положение. Открытый верхний клапан соединяет цилиндр привода с атмосферой, а закрытый нижний преграждает доступ сжатому воздуху в распределительную клапанную коробку.

Вентиль выключающего типа (ВКВ) при выключенной катушке держит клапан А (рис. 11) закрытым, а клапан Б — открытым, соединяя пневматический цилиндр аппарата с резервуаром управления. Возбуждение катушки вызывает притяжение якоря к сердечнику и перемещение штока 6 и клапанов вниз. Клапан Б прекращает подачу воздуха от резервуара, а открывшийся клапан А соединит цилиндр аппарата с атмосферой.

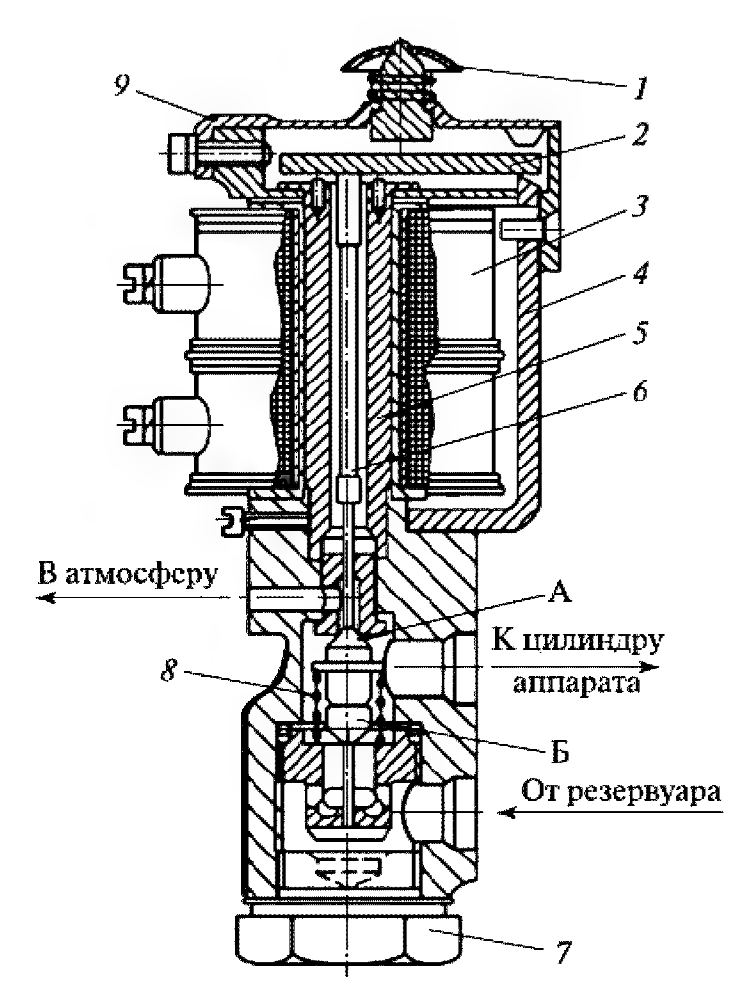


Рис. 11. Вентиль включающего типа:
1 — грибок; 2 — якорь; 3 — катушка; 4 — ярмо; 5 — сердечник; 6 — шток; 7 — пробка; 8 — пружина; 9 — крышка; А и Б — клапаны

Рассмотренные типы вентилей применяют на всех отечественных электровозах.

Контакторы ПК-14 — ПК-19; ПК-21 — ПК-26; ПК-31 — ПК-36; ПК-41 — ПК-46 предназначены для замыкания и размыкания силовых цепей электровоза под током. Конструкция контакторов всех типов аналогична. Различаются они наличием или отсутствием системы дугогашения, конструктивным исполнением дугогасительных камер, блокировок и включающих вентилей.

Технические данные контакторов

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальное напряжение цепи управления, В 50
Номинальный ток силовой цепи, А:
ПК-21 — ПК-26; ПК-31 — ПК-36; ПК-41 — ПК-46, А 500
ПК-14 — ПК-19, А 350
Номинальный ток блокировочных контактов, А 5
Разрыв контактов, мм 24-27
Провал контактов, мм 10–12
Начальное нажатие контактов, кгс 3,5-5
Конечное нажатие контактов, не менее, кгс 27
Нажатие блокировочных пальцев, кгс 1,5–2,5
Номинальное давление сжатого воздуха, кгс/см^2 5
Наименьшее давление сжатого воздуха для нормальной работы ПК, кгс/см^2 3,5
Начальное давление сжатого воздуха для проверки пневматического привода на герметичность, кгс/см^2 6,75
Суммарный вертикальный люфт шарнирных соединений, приведенный к подвижному контакту, не более, мм 1,5
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания изоляции в течение 1 мин, В:
силовой цепи 9500
цепи управления 1500
Масса контакторов, кг:
ПК-14 — ПК-19 12,5–14,3
ПК-21 — ПК-26 25–28
ПК-31 — ПК-36 28–31
ПК-41 — ПК-46 31–38

На изолированном металлическом стержне 13, опрессованном прессмассой АГ-4В, собраны все узлы контактора (рис. 12): верхний кронштейн 10, который одновременно является верхним дугогасительным рогом с неподвижным контактом 9 и дугогасительной катушкой 12, нижний кронштейн 3 подвижного контакта 8, кото-

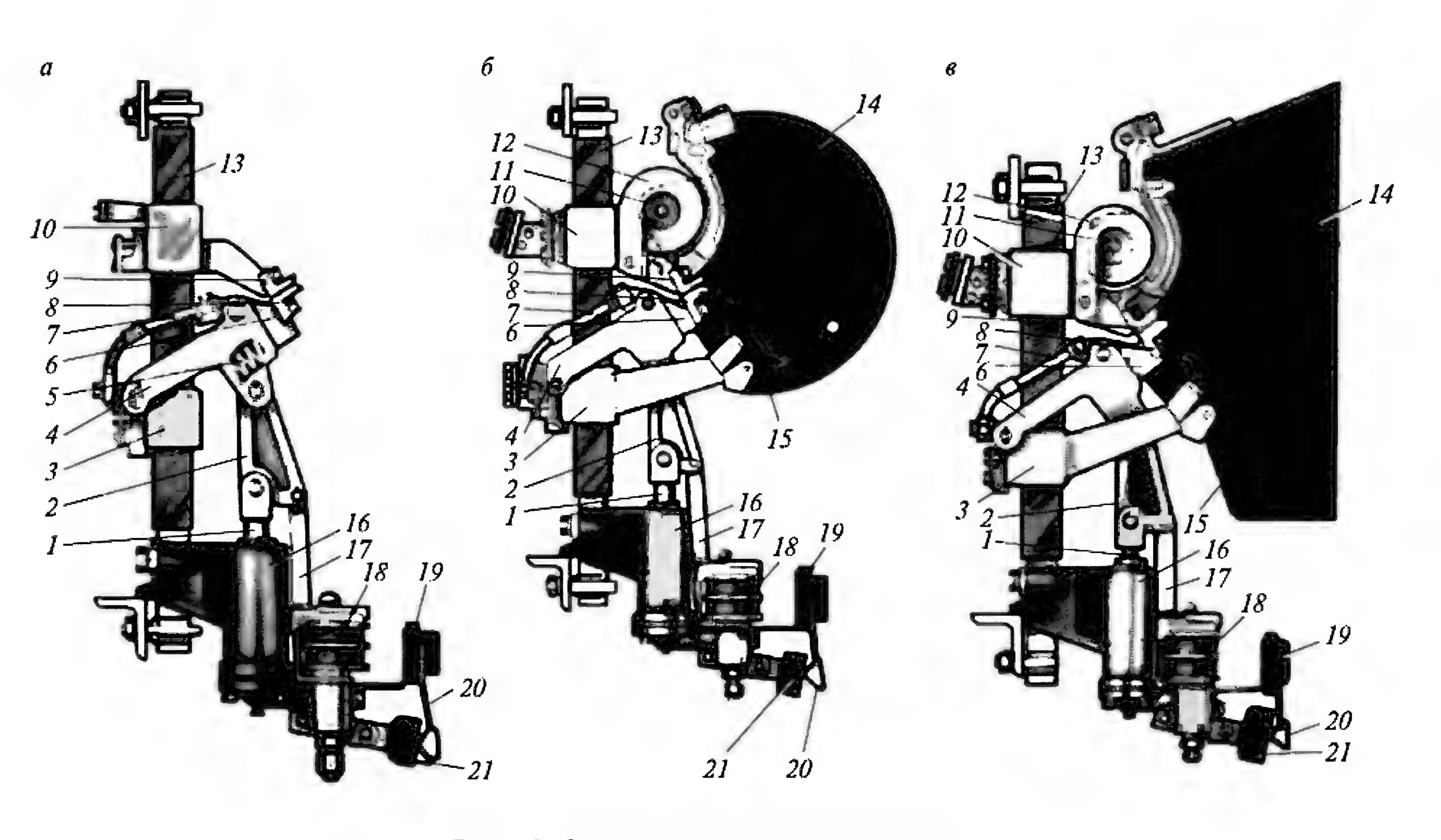


Рис. 12. Электропневматический контактор

рый шарнирно соединен с рычагом 4 подвижного контакта. На рычаге подвижного контакта шарнирно закрепляется держатель подвижного контакта 6, который подпружинен притирающей пружиной 5. Пневматический привод состоит из цилиндра 16, внутри которого располагается поршень, уплотненный резиновой манжетой со штоком 1. Шток поршня соединен через изоляционную тягу 2 с рычагом подвижного контакта. Поршень подпружинен выключающей пружиной для возвращения элементов в исходное положение. Привод снабжен электромагнитным вентилем 18 включающего типа. Изоляционная тяга соединяется с тягой 17 блокировочного устройства, которое состоит из изоляционной колодки 21 с блокировочными пальцами 20, взаимодействующими с медными или фибровыми накладками, расположенными на подвижной колодке. При подаче питания на катушку вентиля сжатый воздух поступает в цилиндр пневматического привода, поршень перемещает тягу, которая поворачивает рычаг и замыкает подвижный контакт с неподвижным. Одновременно происходит переключение блокировки, система которой связана с тягой. При отключении включающей катушки и вентиля сжатый воздух из цилиндра выпускается, и поршень под действием сжатой пружины быстро возвращается в исходное положение, размыкая подвижный контакт с неподвижным. По способу подачи воздуха к приводу через отверстие и наличию блокировки контакторы имеют шесть исполнений I–VI. На секциях электровоза ВЛ10КРП для уменьшения удара подвижных частей при включении на всех ПК установлены вентили с уменьшенным калиброванным отверстием, равным 1,5 мм. Контакторы ПК-31–ПК-36, ПК-41–ПК-46 имеют дугогасительные камеры 14 трехщелевого типа, состоящие из двух асбестоцементных стенок и двух внутренних асбестоцементных перегородок, скрепленных болтами. Внутри камеры имеется дугогасительный рог 15. Снаружи камеры расположены полюсы для направления магнитного потока в зону гашения дуги. Полюсы плотно прилегают к сердечнику дугогасительной катушки 12, которая укреплена на неподвижном кронштейне. Контакторы ПК-21–ПК-26 имеют лабиринтно-щелевые камеры, выполненные из двух спрессованных боковин из дугостойкого материала КМК-218. Лучи обеих боковин камеры образуют лабиринт, создающий благоприятные условия для быстрого гашения дуги. В стенки камеры впрессованы стальные полюсы.

Контакторы ПК-14–ПК-19 в отличие от остальных не имеют дугогасительного устройства.

Электропневматические контакторы тепловоза

Электропневматический контактор ПК-753

Назначение: контактор используют для подключения тяговых электродвигателей к тяговому генератору или выпрямительной установке тепловоза (рис. 13).

Конструкция и принцип действия. Контактор состоит из пневматического привода, контактной и дугогасительной систем, изоляци-

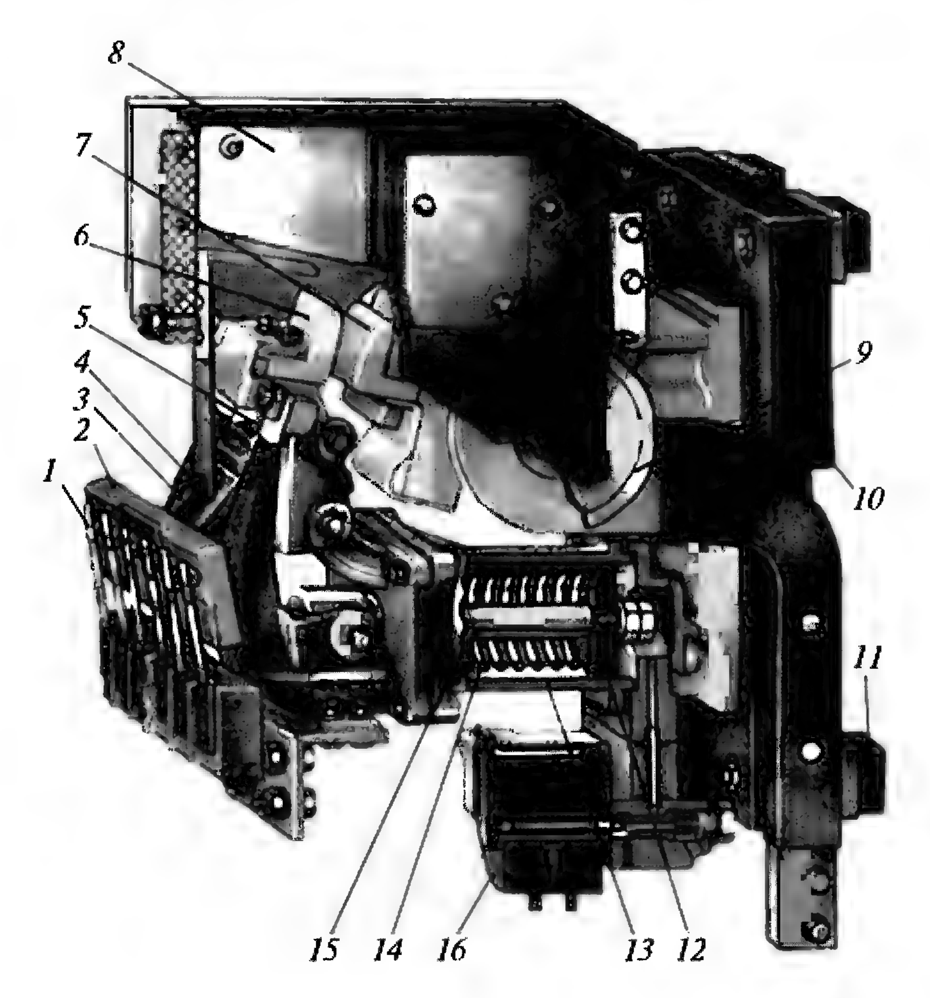


Рис. 13. Электропневматический контактор ПК-753:
1 — блокировочные пальцы, 2 — колодка блокировочных контактов, 3 — рычаг, 4 — медный шунт, 5 — притирочная пружина, 6 — подвижный контакт, 7 — неподвижный контакт, 8 — дугогасительная камера, 9 — дугогасительная катушка, 10 — панель, 11 — изолированный болт, 12 — поршень, 13 — воздушный цилиндр, 14 — пружина, 15 — шток, 16 — электропневматический вентиль

онной панели 10 и блокировочных контактов. Контактор содержит подвижные 6 и неподвижные 7 контакты, воздушный цилиндр 13, электромагнитный вентиль 16, дугогасительные катушки 9, дугогасительную камеру 8 и блокировочные пальцы 1 с колодкой 2.

На панели 10 (рис. 13) электропневматического контактора ПК-753Б крепится литой кронштейн. На кронштейне установлена дугогасительная катушка и неподвижный контакт 7. В нижней части панели крепится цилиндр 13 электропневматического привода. В цилиндре помещается поршень 12 со штоком 15, поршень отжимается в левое крайнее положение выключающей пружиной 14. Шток привода связан шарнирно с фигурным рычагом 3, к которому крепится изоляционная колодка 2 с подвижными вспомогательными контактами. Подвижной контакт 6 вместе с притирающей пружиной 5 шарнирно связан с рычагом 3. Подвижный и неподвижный силовые контакты закрыты дугогасительной камерой 8 с полюсами. Фиксирующая дугогасительную камеру пружинная планка оканчивается дугогасительным рогом. При подаче напряжения на катушку электропневматического вентиля он срабатывает и сжатый воздух из резервуара управления под давлением 0,5 МПа поступает в цилиндр. Под действием сжатого воздуха поршень 12, преодолевая усилие пружины 14, перемещается вместе со штоком 15 вправо. Конец штока при этом поворачивает фигурный рычаг 3 с укрепленным на нем подвижным контактом 6. Форма силовых контактов такова, что при замыкании первоначально сходятся их передние концы, затем подвижный контакт перекатывается по неподвижному до прилегания задних частей. Таким образом, при замыкании происходит относительное скольжение контактных поверхностей под давлением, создаваемым пружиной 5. Во время отключения происходит обратное перекатывание и последними размыкаются передние концы. При вращении рычага 3 перемещается и укрепленная на нем колодка 2 с подвижными контактами (пластинами), которые замыкают блокировочные контакты 1.

Принцип действия: при подаче напряжения на катушку электропневматического вентиля сжатый воздух поступает в цилиндр пневматического привода и перемещает его поршень вправо. Шток поршня приводит в движение рычаг, который, поворачиваясь вокруг оси, прижимает подвижный контакт к неподвижному контак-

ту. При отключении вентиля поршень под действием встроенной в цилиндр пневмопривода пружины перемещается влево, и контакты размыкаются.

Основные технические характеристики ПК-753Б приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные технические характеристики ПК-753Б

Наименование сборочных единиц	Параметр	Значение параметра для типоисполнений				
		ПК-753Б5	ПК-753Б6	ПК-753Б7	ПК-753Б8	ПК-753Б9
		ПК-753М5	ПК-753М6	ПК-753М7	ПК-753М8	
Контакты главных цепей	Номинальный ток, А	830				
	Номинальное напряжение, В	900				
Контакты вспомогательных цепей	Номинальное напряжение, В	110				
	Номинальное напряжение изоляции, В	110				
	Количество контактов:					
	замыкающих	2	2	1	1	2
	размыкающих	1	1	2	2	1
Пневматический привод	Номинальное давление, мПа	0,5				
	Максимальное давление, мПа	0,675				
	Минимальное давление, мПа	0,35				
	Напряжение катушки вентиля, В	110	75	110	75	24

2.2. Индивидуальные электромагнитные контакторы

Электромагнитный контактор МК-310Б

Назначение: контактор МК-310Б предназначен для включения и выключения вспомогательных машин электровоза.

Технические данные контакторов

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальный ток продолжительного режима контактора, А:
МК-310Б-37 10
МК-310Б-42 25
Номинальное напряжение цепи управления, В 50
Номинальный ток блокировочных контактов, А 5
Номинальный ток включающей катушки, А 0,65
Масса контактора, кг:
МК-310Б-37 22,9
МК-310Б-42 23,5
Разрыв силовых контактов, мм 30–34
Провал силовых контактов, мм 7–9
Нажатие силовых контактов, кгс 1,8–2,7
Разрыв блокировочных контактов, не менее, мм 3
Провал блокировочных контактов, мм 2,5–3,5
Нажатие блокировочных контактов, кгс 0,15
Напряжение для испытания изоляции переменным током частотой 50 Гц в течение 1 мин, В:
силовой цепи 9500
цепи управления 1500
Включение контактора при напряжении 30

Конструкция и принцип действия. Все узлы контактора (рис. 14) собраны на ярме 1, выполненном из полосовой стали, которое служит основанием. Между двумя стальными полосами ярма установлен сердечник включающей катушки 3, также шарнирно с помощью оси укреплен якорь 15 с изоляционным рычагом 14, на верхнем конце которого закреплен рычаг подвижного контакта, на котором, в свою очередь, закреплен держатель подвижного контакта 12 с подвижным контактом 10. Держатель относительно рычага подпружинен притирающей пружиной 13. Последняя одним концом опирается в хвостовик изоляционного рычага, а другим — в поперечную перегородку, размещенную между двумя изоляционными стенками. На панели 2 укреплен кронштейн 6 с ярмом 1 и дугогасительной катушкой 5. Дугогасительная камера 7 состоит из двух боковых асбестоцементных стенок и двух асбестоцементных перегородок, скрепленных болтами. По бокам камеры расположены полюсы для проведения магнитного потока в зону гашения дуги. Полюсы прилегают к сердечнику дугогасительной катушки. В камере закреплен второй дугогасительный рог 8. Камеру крепят на контакторе с помощью штыря и защелки. При возбуж-

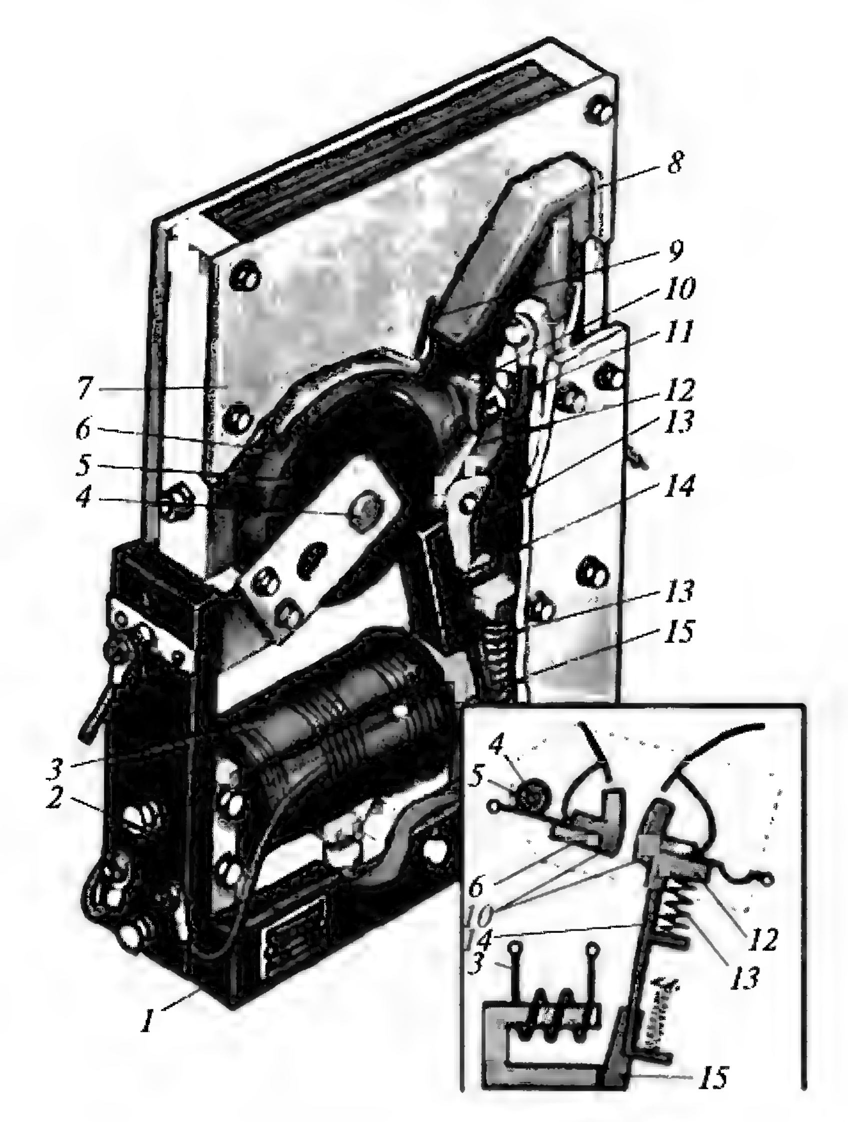


Рис. 14. Электромагнитный контактор МК-310Б

дении включающей катушки контактор включается. В этом случае к сердечнику катушки притягивается якорь с изоляционным рычагом и замыкается подвижный контакт с неподвижным. Отключение контактора происходит при размыкании цепи включающей катушки под действием усилия выключающей пружины.

Электромагнитный контактор МК-15-01

Назначение: контактор МК-15-01 предназначен для включения и выключения цепей электрических печей отопления.

Технические данные контактора МК-15-01:

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальный ток силовой цепи, А 1,4
Напряжение цепи управления, В.. 50

Разрыв контактов, мм 28–34
Провал, мм 5–7
Нажатие контактов, кгс 0,8–1,3
Напряжение для испытания изоляции переменным током частотой 50 Гц в течение 1 мин, В:
силовой цепи 9500
цепи управления 1500
Включение контактора при напряжении, В 30
Масса, кг 15,5

Конструкция и принцип действия. Контактор МК-15-01 (рис. 15) рассчитан на меньший ток, чем контактор МК-310Б, и конструктивно отличается от него только контактной системой, обеспечивающей двукратный разрыв силовой цепи, и отсутствием дугогасительного устройства. Контактная система состоит из двух дер-

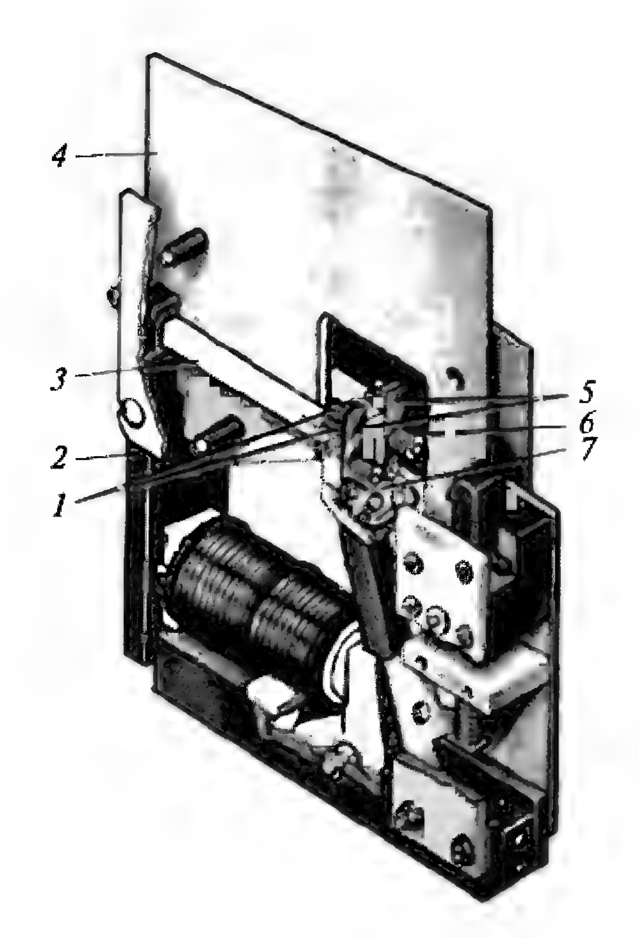


Рис. 15. Электромагнитный контактор МК-15-01:
1 — неподвижные контакты; 2 — изоляционная стойка; 3 — держатель неподвижного контакта; 4 — изоляционная перегородка; 5 — подвижный контакт; 6 — притирающая пружина; 7 — держатель

жателей 3 неподвижных контактов 1. Подвижные контакты 5, подпружиненные притирающими пружинами 6, расположены на держателе 7, укрепленном на изоляционном рычаге. Контакты соединены последовательно по отношению друг к другу и разделены между собой изоляционными перегородками 4 для предотвращения переброса электрической дуги при разрыве ими электрической цепи. На данном типе контакторов отсутствует система дугогашения, так как печи обладают омическим сопротивлением и ток цепи составляет всего 1,33 А.

Электромагнитные контакторы МКП-23 и МК-204

Назначение: контакторы МКП-23Г, МКП-23Д, МКП-23Е и МК-204 предназначены для автоматического закорачивания пусковых резисторов двигателей преобразователей и двигателей вентиляторов при пуске.

Технические данные контакторов:

Номинальное напряжение, В 3000
Ток уставки контакторов, А:
МКП-23Д 25
МКП-23Г 12
МК-204, МКП-23Е 20
Ток отключения контакторов, А:
МК-204, МКП-23Д, не более 2,5
МКП-23Е, МКП-23Г, не более 1
Разрыв контактов, мм 10–14
Провал контактов, мм 4,5–6,5
Нажатие контактов конечное, кгс 1–1,8
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания изоляции в течение 1 мин, В 9500
Масса контакторов, кг:
МКП-23Д 6,7
МК-204, МКП-23Е, МКП-23Г 6,85

Конструкция и принцип действия. Эти контакторы по конструкции аналогичны. Различаются они техническими данными и габаритными размерами катушек, а также схемами включения контакторов в цепь двигателей. Контактор МКП-23Д (рис. 16, а) включают в цепь двигателя вентилятора так, что его катушка 4 в этом случае будет удерживающей, а катушка 5 — включающей. Контактор МКП-23Д состоит из включающей 5 и удерживающей 4 катушек, ярма 6 и якоря 3, шарнирно связанного с подвижным контактом 2.

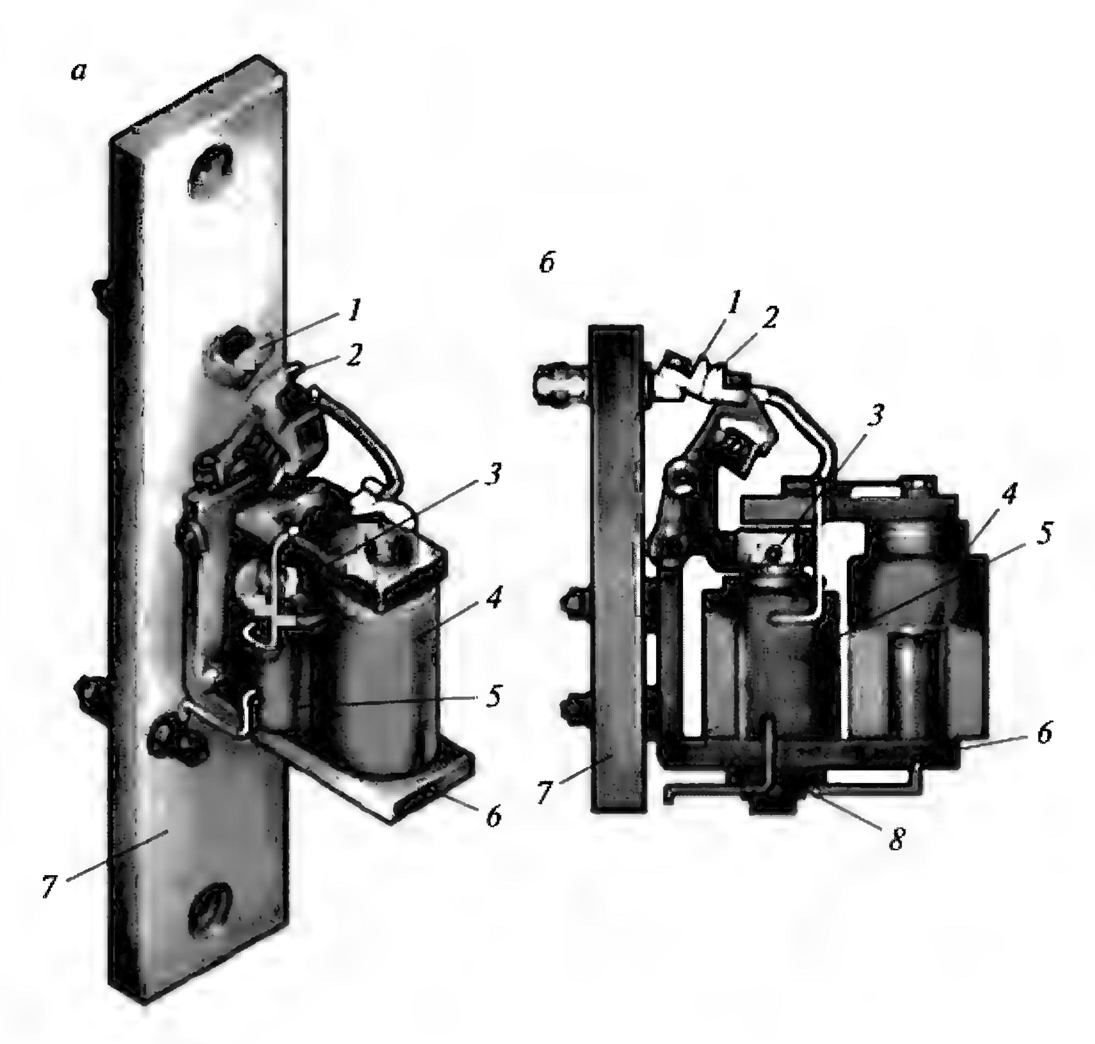


Рис. 16. Электромагнитный контактор МКП-23

Неподвижный контакт 1 и ярмо с катушками укреплены на панели 7. Сердечник включающей катушки (рис. 16, б) электромагнитного контактора представляет собой тонкостенную втулку, в которую с одной стороны входит якорь, а с другой — ввертывается регулировочный винт 8. Таким образом, в цепи магнитопровода образуются два воздушных зазора (рис. 17): рабочий А и регулировочный Б. При прохождении тока через катушки на якорь действуют магнитные потоки рабочего А и регулировочного Б зазоров. При большом токе в катушках основная часть магнитного потока из-за насыщения полого сердечника замыкается через регулировочный зазор. Повышается сила притяжения якоря к регулировочному болту. Усилие магнитного потока в рабочем зазоре при этом бывает недостаточным для притяжения якоря к упору

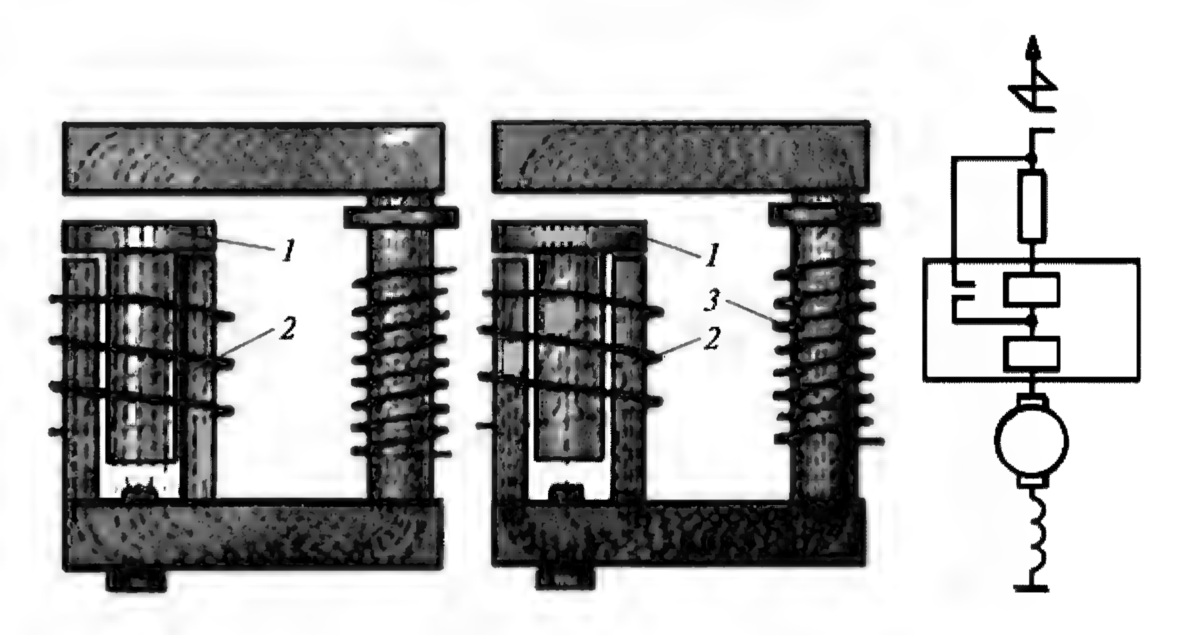


Рис. 17. Кинематическая схема электромагнитного контактора МКП-23:
1 — якорь; 2 — включающая катушка; 3 — удерживающая катушка

и замыкания контактов контактора. При снижении тока в катушках электромагнитные усилия в регулировочном зазоре значительно уменьшаются, так как поток замыкается через полый стальной сердечник включающей катушки. Под действием притягивающих усилий магнитного потока в рабочем зазоре контакты замыкаются, шунтируя пусковой резистор и включающую катушку контактора. Для того чтобы электромагнитный контактор не включался при нарастании тока в катушках во время пуска, установлены короткозамкнутые медные витки, которые снижают индукцию в рабочем зазоре А.

Для регулировки контактора необходимо в цепь обеих катушек включить ток, превышающий ток уставки. Затем, постепенно его уменьшая, добиться момента притяжения якоря к упору и включения контактов. Если якорь притягивается при токе большем, чем уставка, то регулировочный болт следует завинчивать. Если якорь притягивается при токе меньшем, чем ток уставки, то регулировочный болт следует отвинчивать до момента притяжения якоря к упору и включения контактов. Затем регулировочный болт электромагнитного контактора следует законтрить и запломбировать.

Ток уставки, ток отключения, разрыв, провал и нажатие контакторов проверяют при текущем ремонте ТР-1.

Электромагнитные контакторы тепловоза

Устройство и работа

По конструкции подвижной контактной системы электромагнитные контакторы разделяют на контакторы с прямоходовой (мостиковой) контактной системой и контакторы с поворотной контактной системой.

Главная цепь контакторов с поворотной контактной системой типов МК82-87 рассчитана для работы под напряжением 380 В и при токах до 150 А. Их используют для включения и отключения под током трехфазных асинхронных двигателей вспомогательных машин МК, МВ1-МВ4, поэтому контакторы имеют двухполюсное исполнение.

Контактор типа МК82 (рис. 18) состоит из П-образного магнитопровода с сердечником, на котором укреплена включающая ка-

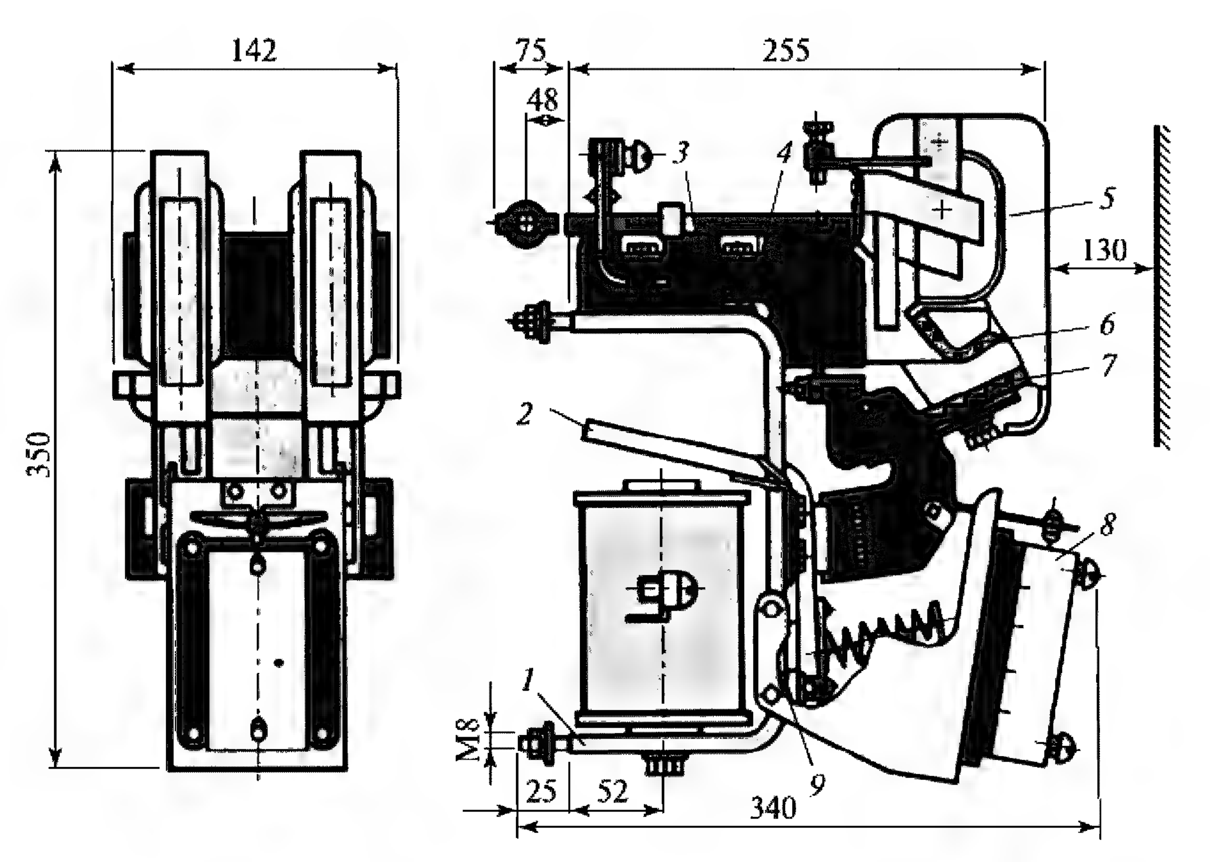


Рис. 18. Электромагнитный контактор МК-82:
1 — П-образный магнитопровод; 2 — Г-образный якорь; 3 — изоляционная планка; 4 — регулировочные пластины; 5 — дугогасительная камера; 6 — неподвижный главный контакт; 7 — подвижный главный контакт; 8 — блокировочное устройство; 9 — регулировочные шайбы

тушка с напряжением питания 50 В. На верхней части магнитопровода укреплена изоляционная планка, на которой расположены два неподвижных главных контакта из меди. Последовательно с каждым неподвижным главным контактом включена дугогасительная катушка, имеющая два витка из шинной меди. Внутри дугогасительной катушки укреплен стальной сердечник, продолжением которого являются стальные пластины, укрепленные в боковых стенках дугогасительной камеры.

В средней части в прорези магнитопровода шарнирно укреплен Г-образный якорь со своей сжатой отключающей пружиной. На якоре укреплена изоляционная колодка, на которой шарнирно укреплены два подвижных главных контакта из меди со своими притирающими пружинами и шунтами. На нижней части магнитопровода укреплено универсальное блокировочное устройство моноблочного типа. Оно состоит из изоляционного основания с неподвижными блокировочными контактами и подвижного блокировочного штока со своей сжатой отключающей пружиной снизу. На блокировочном штоке укреплены подвижные блокировочные контакты со своими притирающими пружинами. Характеристики блокировочных контактов аналогичны характеристикам контактов электромагнитных реле.

Для включения контактора на его включающую катушку подается напряжение 50 В. Тогда под влиянием магнитного потока, создаваемого катушкой, Г-образный якорь притягивается к сердечнику. Вместе с якорем поворачивается изоляционная планка с двумя подвижными главными контактами, которые замыкаются, соединяя два вывода асинхронного двигателя с двумя выводами обмотки собственных нужд тягового трансформатора (третий вывод двигателя постоянно соединен с выводом генераторной обмотки расщепителя фаз).

Конструкция: одновременно колодка якоря нажимает через рычаг на шток блокировочного устройства, который передвигается вниз вместе с подвижными блокировочными контактами, и контакты переключаются.

Для отключения контактора его включающая катушка обесточивается, и тогда под действием отключающей пружины Г-образный якорь отключается. Вместе с якорем поворачивается изоляционная колодка с двумя подвижными главными контактами, ко-

торые отключают асинхронный двигатель от обмотки собственных нужд, при этом электрическая дуга, возникающая при размыкании контактов, «выдувается» магнитным полем дугогасительной катушки в дугогасительную камеру.

Одновременно колодка якоря через рычаг освобождает шток блокировочного устройства, который под действием сжатой пружины перемещается вверх, в результате все блокировочные контакты контактора переключаются в исходное положение.

Технические характеристики контакторов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные технические характеристики электромагнитных контакторов МК-82

Характеристики	МК-82
Номинальное напряжение главных контактов, В	380
Номинальный ток главных контактов, А	150
Разрыв главных контактов, мм	13+17
Провал главных контактов, мм	3+4
Нажатие главных контактов, кгс	3,8
Масса, кг	14,7

2.3. Электромагнитные контакторы защиты

КВЦ2-А установлен на первых выпусках электровозов сери ВЛ10 до 1978 года, предназначен так же, как и БВЗ-2, для защиты от токов короткого замыкания вспомогательных цепей электровоза под действием дифференциального реле.

Электромагнитный контактор типа МК-101

Назначение: Электромагнитный контактор типа МК-101 предназначен для подключения и отключения высоковольтных вспомогательных цепей электровоза от контактной сети. Для выполнения защитных функций он дополняется дифференциальным реле и высоковольтным предохранителем типа ВПК 6/100.

Основные технические данные:

Номинальный длительный ток, А 100
Кратность пускового тока 3
Номинальное напряжение постоянного тока, В 3000
Длительность включения катушки без шунтирующего резистора на напряжение 50 В, не более, с 30
Номинальное напряжение катушки привода, В........ 50
Время отключения контактора, с 0,043
Раствор силовых контактов, мм........ 10–13

Начальное контактное нажатие, кгс 3,1–3,7
Конечное контактное нажатие, кгс 6,6–7,3
Масса, кг 45

Конструкция и принцип действия. Конструктивно контактор выполнен как два электропневматических контактора (рис. 19), соединенных последовательно, но с общим электромагнитным приводом.

Основные элементы: изолированный металлический стержень, контактная система, электромагнитный привод, блокировочное устройство и дугогасительная система.

Контактная система расположена на стержне и представляет из себя верхний и нижний бронзовые литые кронштейны 3 (см. рис. 19).

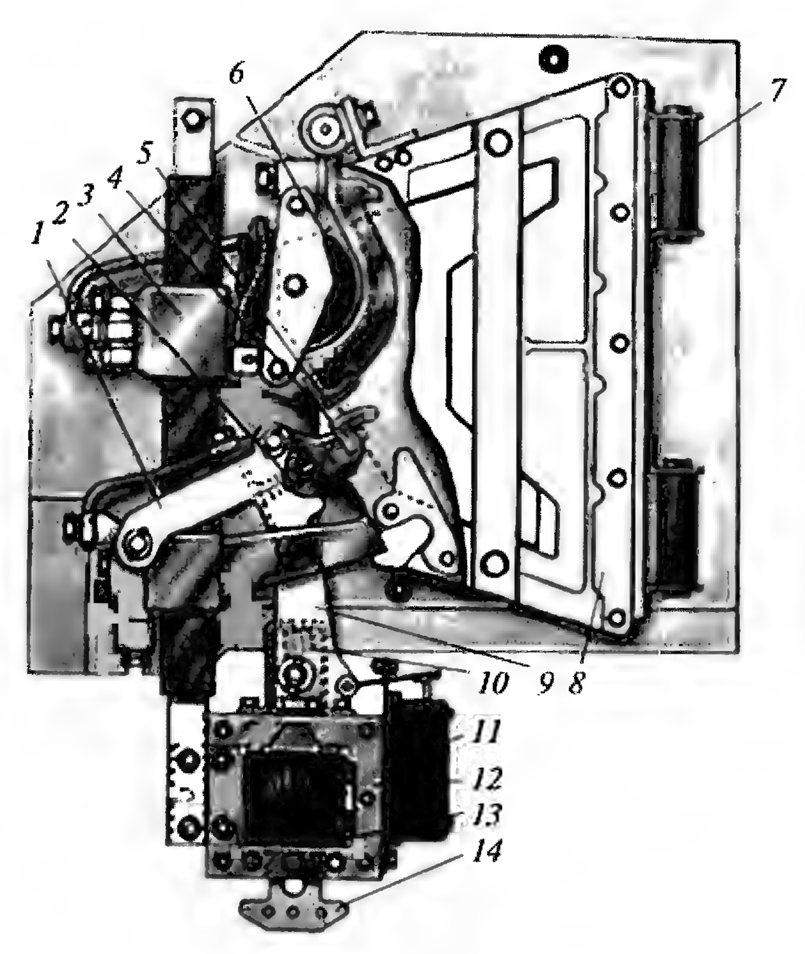


Рис. 19. Электромагнитный контактор МК-101:
1 — рычаг подвижного контакта; 2 — притирающая пружина; 3 — верхний кронштейн; 4 — подвижный контакт; 5 — неподвижный контакт; 6 — дугогасительная катушка; 7 — резистор; 8 — дугогасительная камера; 9 — изоляционная тяга; 10 — возвращающая пружина; 11 — блокировочное устройство; 12 — магнитопровод; 13 — катушка; 14 — якорь

На верхнем кронштейне, выполняющем роль дугогасительного рога, закреплен неподвижный контакт 5 и дугогасительная катушка 6. Нижний кронштейн имеет щечки для обхвата дугогасительного рога камеры и валик для навешивания камеры. На кронштейне шарнирно закреплен контактный рычаг 1, а на нем, как у электропневматического контактора, трехплечий держатель подвижного контакта с контактом 4, с притирающей пружиной 2 и медным гибким шунтом. Контактный рычаг шарнирно соединен с изоляционной тягой привода 9. Электромагнитный привод 12 состоит из ярма, двух соединенных параллельно включающих катушек 13 и якоря 14 плунжерного типа. Привод имеет отключающую пружину и тягу, приводящую в действие блокировочное устройство мостикового типа.

Дугогасительная система состоит из дугогасительнои катушки 6 и дугогасительной камеры 8. Стенки однощелевой камеры выполнены из дугостойкого материала КМК-218. Камера имеет дугогасительные решетки и шунтирующие резисторы 7 для облегчения дугогашения.

Наличие дугогасительных электромагнитов и камер лабиринтно-щелевого типа на каждом воздушном промежутке обеспечивает надежное гашение дуги, даже при токе до 3000 А.

Контактор включается в общую цепь вспомогательных машин и служит для отключения ее при коротком замыкании в какой-либо из этих машин. В этом случае выключение контактора происходит растянутой отключающей пружиной из-за разрыва питания цепи катушки электромагнитного привода дифференциальным реле вспомогательных машин. Для включения привода требуется ток 100 А, так как необходимо растянуть отключающую пружину, а затем этот ток уменьшится из-за включенного добавочного сопротивления 30 Ом, это необходимо для оперативного разрыва силовых контактов отключающей пружиной. Продолжительность включения не более 30 сек.

При возбуждении катушек привода якорь втягивается во внутрь катушки, преодолевая сопротивление выключающей пружины, веса подвижных частей и усилия контактных пружин, перемещается вверх до упора хвостовиком в магнитопровод и поднимает изоляционную тягу. Контактор включается.

При коротком замыкании во вспомогательной цепи электровоза цепь питания катушек привода разрывается блок-контакта-

ми дифференциального реле вспомогательных машин, и контактор выключается.

Контактор имеет низковольтное блокировочное устройство мостикового типа.

Малогабаритный быстродействующий выключатель БВЭ-ЦНИИ

Назначение: быстродействующий выключатель БВЭ-ЦНИИ служит для защиты вспомогательной цепи электровоза от токов короткого замыкания.

Технические данные:

Номинальное напряжение, В	3000
Номинальный ток, А	150
Ток уставки, А	400^{+80}_{-60}
Номинальное напряжение цепи управления, В	50
Ток катушки управления, А	1,7
Собственное время срабатывания при начальной крутизне нарастания тока:	
$(0,1\text{-}0,2)\times10^6$ А/с, с	0,0015
$(0,5\text{-}0,6)\times10^6$ А/с, с	0,0005
Ток блокировочных контактов, А	5
Вес, кг	96
Разрыв силовых контактов:	
новых, мм	18–19
изношенных, мм	23–24
Нажатие силовых контактов:	
новых, кгс	10–12
изношенных, кгс	5–6
Зазор между силовыми контактами при полностью притянутом якоре, мм	2—2,5
Зазор между якорем и магнитопроводом по центру при прикосновении силовых контактов, мм	3–4
Провал верхнего блокировочного контакта, мм	5,5–6,5
Разрыв верхнего блокировочного контакта, мм	2,5–3
Разрыв остальных блокировочных контактов, не менее, мм	3
Провал остальных блокировочных контактов, мм	2,5–3,5
Нажатие отключающей пружины при:	
отключенном автомате, кгс	5–8
включенном автомате, не менее, кгс	25

Конструкция и принцип действия: выключатель БВЭ-ЦНИИ состоит из трех основных частей (рис. 20): механизма выключателя, трансформатора 5 и дугогасительной камеры 2.

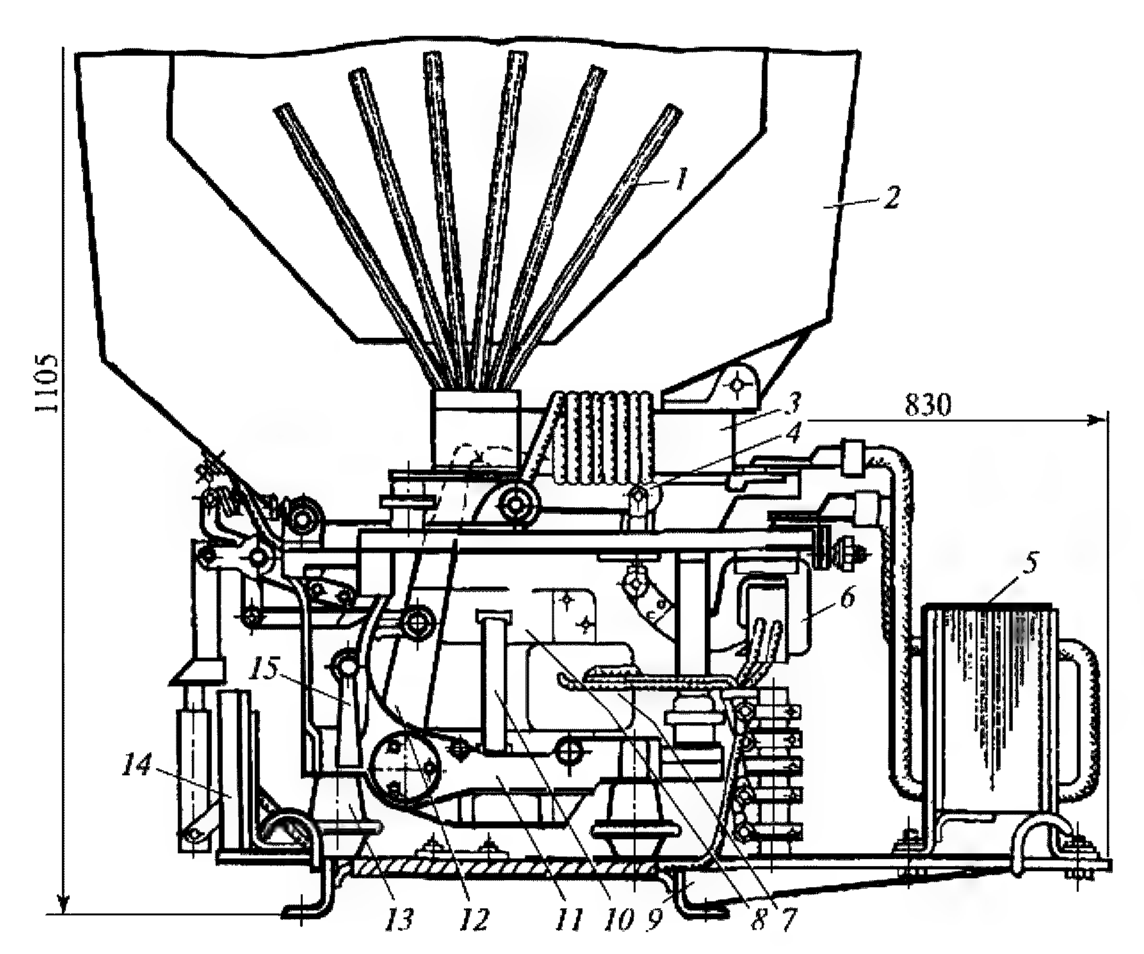


Рис. 20. Малогабаритный быстродействующий выключатель БВЭ-ЦНИИ

Опорной конструкцией механизма выключателя является рама 11, состоящая из двух алюминиевых половин, укрепленных на основании 9 с помощью пластмассовых изоляторов 13. На раме расположены: главный магнитопровод 8 с якорем 12, на котором укреплен силовой подвижный контакт выключателя; малоподвижный контакт 4 с оттягивающим электромагнитом 6; магнитопровод дутья 3 с веерообразными полюсами 1 и блокировка 14. Включение выключателя и удержание его во включенном состоянии осуществляются секционированной катушкой управления 7, насаженной на главный магнитопровод. Выключатель отключается размагничивающим витком 10, проходящим через сквозные вырезы в полюсах глазного магнитопровода. При протекании по витку тока короткого замыкания в полюсах создаются местные насыщенные участки, которые, увеличивая магнитное сопротивление полюсов, вызывают резкое уменьшение потока в якоре.

В связи с тем, что насыщение магнитопровода в зонах размагничивающего витка не зависит от направления в нем тока, выключатель БВЭ-ЦНИИ является неполяризованным.

При резком уменьшении магнитного потока в главном магнитопроводе в катушке управления возникает э.д.с. самоиндукции и появляется ток, стремящийся задержать спадающий магнитный поток. Это увеличивает собственное время срабатывания выключателя. Для сохранения собственного времени срабатывания выключатель дополняется трансформатором. Он имеет силовую катушку, включенную последовательно с защищаемой цепью, и две вторичные независимые обмотки управления, выполненные в виде одной катушки. Одна из вторичных обмоток включена последовательно с катушкой управления главного магнитопровода и компенсирует всплеск э.д.с. самоиндукции при отключении автомата, другая включена параллельно катушке малоподвижного контакта. В момент короткого замыкания эта обмотка возбуждает электромагнит малоподвижного контакта, который оттягивает малоподвижный контакт в обратную сторону, уменьшая собственное время срабатывания быстродействующего выключателя и увеличивая скорость расхождения его контактов.

На магнитопроводе дутья имеются две параллельно соединенные обмотки по восемь витков каждая для отключения минимального тока 4,5 А. Приводной механизм выключателя (см. рис. 20) имеет рукоятку 15, которой он может быть включен при сильно разряженной аккумуляторной батарее.

Дугогасительная камера (рис. 21) состоит из двух асбестоцементных стенок 6 с лабиринтными перегородками 7, изоляционного вкладыша 2 с укрепленным на нем дугогасительным рогом 3, кронштейна 4 с дугогасительным рогом 5, деионных решеток 1, двух укрепленных с помощью планок листов полюса 8, служащих для равномерного распределения магнитного потока по средней части камеры.

Отключение БВЭ-ЦНИИ может произойти по следующим причинам:

• при протекании тока короткого замыкания по размагничивающему витку в полюсах создаются местные насыщенные участки, которые, увеличивая магнитное сопротивление полюсов, вызывают резкое уменьшение потока в якоре;

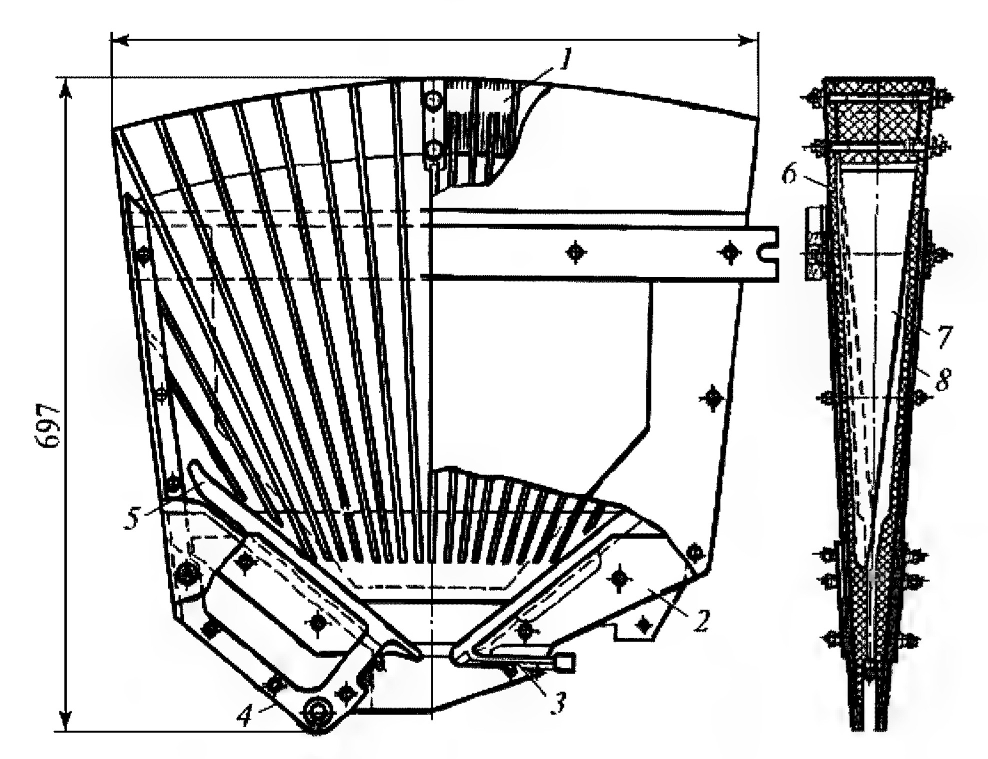


Рис. 21. Дугогасительная камера БВЭ-ЦНИИ

• от разрыва цепи катушки управления контактами аппаратов защиты, включенных в ее цепь (дифференциальное реле).

Быстродействующий выключатель БВЗ-2

Назначение: быстродействующий выключатель типа БВЗ-2 предназначен для защиты высоковольтных вспомогательных цепей от токов коротких замыканий и перегрузки. Он устанавливается взамен БВ-2 типа БВЭ-ЦНИИ на электровозах с № 459 (ТЭВЗа) и взамен электромагнитного контактора КВЦ типа МК-101 с № 1011 (НЭВЗа).

Основные технические данные:

Длительный ток силовой цепи, А.. 100
Ток срабатывания:
при дифференциальной защите, А.. 50
по максимальному току, А.. 300
Собственное время отключения (при определенной скорости нарастания тока):
при коротком замыкании, с.. 0,003
при перегрузке, с.. 0,004
Длительность подачи напряжения на включающую катушку не более, мин.. 2
Длительность подачи напряжения на отключающую катушку не более, с.. 8

Конструкция и принцип действия. Основные элементы выключателя: рама, механизм защелки, контактная система, отключающий электромагнит, включающий электромагнит, блокировочное и дугогасительные устройства.

Рама 2 состоит из двух алюминиевых половин (рис. 22, а) и двух текстолитовых боковин, стянутых болтами и установленных на основании при помощи пластмассовых изоляторов 1. Между рамами расположены все основные элементы. Сверху на раме крепится гетинаксовая плита 15, на которой закреплен неподвижный контакт 11, и на пластмассовых изоляторах — дугогасительная система 14 (рис. 22, б), имеющая устройство, аналогичное устройству БВ типа БВП-5, но рассчитанная на меньший ток.

Механизм защелки состоит из двух качающихся рычагов 21 и 22, на концах которых укреплены ролики 23. Расположение осей вращения роликов выбрано таким образом, чтобы обеспечивалось силовое давление роликов при замкнутой защелке. На рычаге 22 защелки шарнирно закреплен контактный рычаг 9 с подвижным контактом. Контактный рычаг, в свою очередь, механически шарнирно соединен с отключающими пружинами 7, а электрически — с катушкой 27 отключающего электромагнита.

Силовой электромагнит 5 соединен с включающим рычагом 6, который имеет ролик и удлиненную текстолитовую рукоятку для принудительного включения выключателя, например, при слабой аккумуляторной батарее.

Отключающий электромагнит состоит из ярма 19, якоря 18 с винтом 17, пружины 16 с регулировочным винтом, трех отключающих катушек 27 и 28. Катушка 28 включена под напряжение цепей управления и служит для оперативного отключения выключателя. Она создает в ярме отключающего электромагнита намагничивающую силу, равную 600 Ампер-витков, обеспечивающую притяжение якоря, расцепление защелки и размыкание контактов. Катушки 27 являются силовыми отключающими катушками, обеспечивающими отключение выключателя под действием тока короткого замыкания и тока перегрузки. Намотаны из шинной меди. Одна катушка 27 имеет 12 витков, а другая катушка 27 — 10 витков. По обеим катушкам протекает ток вспомогательных машин. Блокировочное устройство мостикового типа. Его подвижная система при помощи рычага и тяги соединена с контактным рычагом.

а

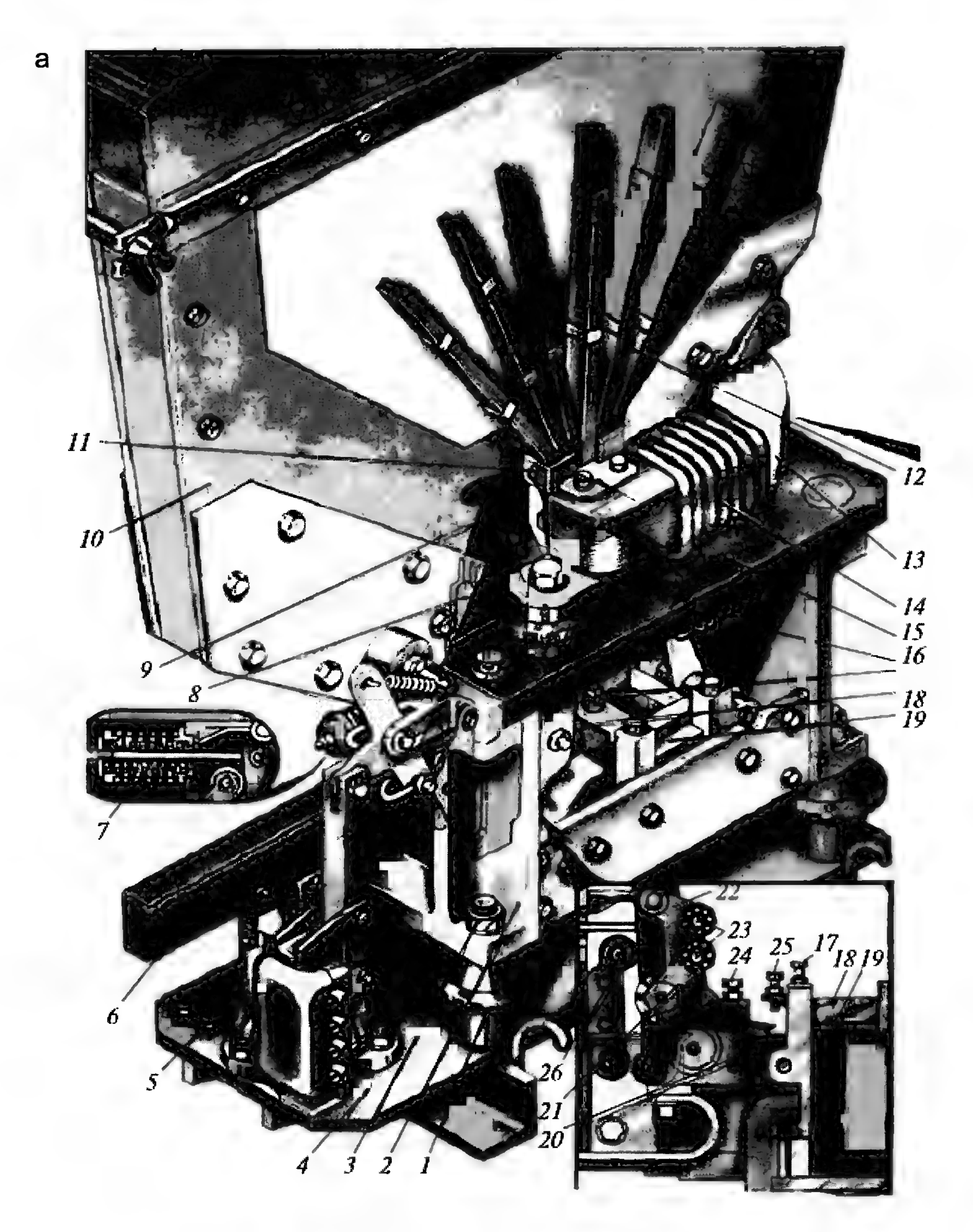
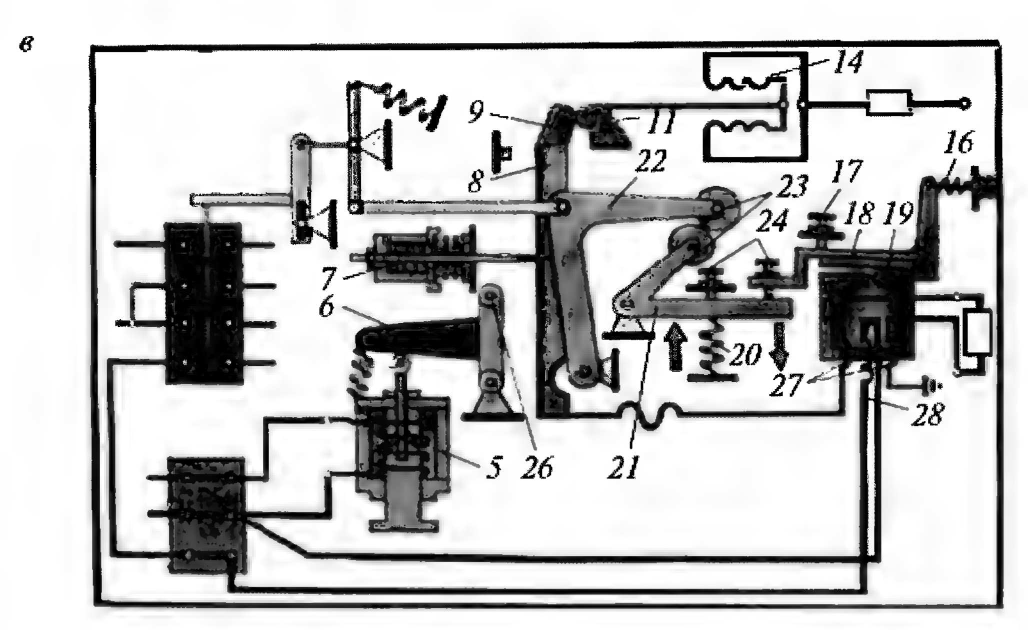


Рис. 22. Общее устройство (а, б) и кинематическая схема (в) БВЗ-2: 1 — пластмассовые изоляторы; 2 — рама; 3 — крепежные болты; 4 — основание; 5 — силовой электромагнит; 6 — изоляционный включающий рычаг; 7 — отключающая пружина; 8 — рычаг подвижного контакта; 9 — подвижный контакт; 10 — дугогасительная камера; 11 — неподвижный контакт; 12 — веерообразные полюсы; 13 — шихтованный магнитопровод; 14 — дугогасительная катушка; 15 — гетинаксовая плита; 16 — регулировочная пружина; 17 — регулировочный винт; 18 — якорь; 19 — ярмо отключающего электромагнита;

б

в



20 — пружина; 21, 22 — защелочные рычаги; 23 — шариковые подшипники; 24 — регулируемый ограничитель поворота; 25 — боек якоря; 26 — включающий ролик; 27 — катушки силовой цепи; 28 — катушка цепи управления; 29 — ребро дугогасительной камеры; 30 — деионная решетка; 31 — рога дугогасительной камеры

Включение быстродействующего выключателя. Включение быстродействующего выключателя производится нажатием импульсной кнопки «Включение БВ-2». При ее включении образуется цепь катушки 5 силового (включающего) электромагнита. Якорь притягивается вверх к ярму. Под действием толкателя включающий рычаг поворачивается на оси, растягивая пружины, и своим роликом 26 давит на контактный рычаг 9 до совмещения выреза в этом рычаге с осью вращения верхнего рычага 22 защелки. Затем, под действием этого ролика, контактный рычаг и верхний рычаг защелки перемещаются до тех пор, пока ролик верхнего рычага защелки не зайдет за ролик его нижнего рычага, то есть пока защелка не замкнется. Отключающие пружины 7 при этом растягиваются. После замыкания защелки силовые контакты остаются разомкнутыми, так как повороту контактного рычага под действием растянутых отключающих пружин вокруг оси препятствует ролик включающего рычага. Блокировочные же контакты изменяют свое положение.

После отпускания кнопки «Включение БВ-2» размыкается цепь включающей катушки. Якорь включающего электромагнита отпадает, и под действием растянутой пружины включающий рычаг 6 поворачивается в исходное положение. Под действием растянутых отключающих пружин контактный рычаг поворачивается вокруг оси и силовые контакты замыкаются.

После замыкания силовых контактов БВ и включения высоковольтных вспомогательных цепей по БВ протекает ток в следующем направлении: подводящий провод, параллельно соединенные дугогасительные катушки 14, неподвижный контакт, подвижный контакт, контактный рычаг, медный шунт, силовая отключающая катушка 27 а, цепь вспомогательных машин, силовая отключающая катушка 27 б, рельсовая цепь. Токи, протекающие по катушкам, имеют противоположное направление, поэтому из намагничивающей силы в ярме отключающего электромагнита, созданной катушкой 27 а, будет вычитаться намагничивающая сила, созданная катушкой 27 б. Результирующая намагничивающая сила в ярме, например при величине тока 100 А, будет равна: (100 А × 12 витков) — (100 А × 10 витков) = 200 Ампер-витков. Этой намагничивающей силы явно недостаточно для притяжения якоря отключающего электромагнита, так как он притягивается при ее величине

600 Ампер-витков. Поэтому защелка и силовые контакты БВ остаются замкнутыми.

Оперативное выключение быстродействующего выключателя. Для оперативного выключения выключателя нажимается кнопка «Включение БВ-2». При ее нажатии образуется цепь на отключающую катушку 28 (см. рис 22). Эта катушка создает в ярме отключающего электромагнита намагничивающую силу, равную 600 Ампер-витков. Якорь 18 отключающего электромагнита притягивается к ярму и своим винтом 25 ударяет по нижнему рычагу защелки. Защелка расцепляется, и под действием растянутых отключающих пружин силовые контакты размыкаются. При этом изменяют положение и блокировочные контакты.

Отключение быстродействующего выключателя при коротких замыканиях. При возникновении короткого замыкания в высоковольтной вспомогательной цепи ток короткого замыкания протекает только по катушке 27 а отключающего электромагнита, которая при величине тока короткого замыкания величиной 50 А создает намагничивающую силу в ярме этого магнитопровода, равную: 50 А × 12 витков = 600 Ампер-витков. Якорь отключающего электромагнита притягивается и происходит то же самое, что и при оперативном отключении БВ.

Отключение быстродействующего выключателя при перегрузках. При появлении перегрузки в любом из электродвигателей вспомогательных машин ток перегрузки протекает по обеим катушкам быстродействующего выключателя. При его величине 300 А в отключающем электромагните вновь создается намагничивающая сила, достаточная для срабатывания выключателя, но теперь уже от взаимодействия обеих катушек: (300 А × 12 витков) — (300 А × × 10 витков) = 600 Ампер-витков. Якорь отключающего электромагнита притягивается, и происходит то же самое, что и при оперативном отключении БВ.

2.4. Групповые контакторы. Общие сведения

Групповой контактор — это аппарат, состоящий из нескольких контактных элементов, размыкающих и замыкающих различные участки силовых цепей тяговых двигателей, где требуется соблюдение строгой последовательности замыкания и размыкания цепей, и имеющих один общий привод.

Классификация.

1. По конструкции групповые переключатели могут быть:

• барабанного типа, включающего в себя плоские (лепестковые) контакты, скользящие по токоведущим и изоляционным сегментам вращающегося барабана. Конфигурация сегментов барабана и определяет порядок замыкания контактов в заданной последовательности. Контакторы барабанного типа не имеют дугогашения, поэтому в силовых цепях применяются исключительно для коммутации без тока;

• кулачковые, включающие в себя контакторные кулачковые элементы, перекатывающиеся по торцевым поверхностям кулачковых шайб. Профиль и взаимное расположение кулачковых шайб и определяет последовательность включения и выключения кулачковых контакторов. Контакторы кулачкового типа могут быть выполнены с дугогашением или без и используются для переключений электрических силовых, управляющих и вспомогательных цепей с током или без тока.

2. По функциональному назначению в схеме локомотива подразделяют на:

• групповые переключатели — это групповые контакторы, предназначенные для переключения силовых цепей с целью изменения напряжения на зажимах ТЭД (ПКГ4, ПКГ6, ПКГ305, ПКГ325, ПКГ13, ЭКГ8Ж);

• реостатные контроллеры — это групповые контакторы, служащие для изменения сопротивления силовой цепи путем изменения пусковых сопротивлений и сопротивлений ослабления поля (КСП1А, ПКГ565);

• реверсоры — это групповые контакторы, предназначенные для изменения направления движения локомотива путем изменения направления тока в обмотках якоря или обмотках возбуждения ТЭД (18МР, ПР151, РК8, ППК8063, ПКД142);

• тормозные переключатели — это групповые контакторы, предназначенные для перевода работы электрической схемы из режима тяги в режим электрического торможения и обратно (ТК8, ПКД142);

• отключатели ТЭД — это групповые контакторы, служащие для отключения одного или нескольких ТЭД при их неисправности (ОД8, РДТ20);

• переключатели вентиляторов — это групповые контакторы, предназначенные для переключения мотор-вентиляторов с низкой скорости на высокую (ПШ5, ПВ021).

3. По количеству позиций привода групповые переключатели могут быть:

• двухпозиционные — групповые контакторы, имеющие две фиксированные позиции (ПКГ4, ПКГ6, РК8, ТК8, ПВ021 и др.);

• трехпозиционные — групповые контакторы, имеющие три фиксированные позиции (ПКГ305, ПКГ325, ПКГ13 и др.);

• многопозиционные — групповые контакторы, имеющие большое количество фиксированных позиций (ЭКГ8Ж — 33 позиции, КСП — 18 и 20 позиций и др.).

4. По вращению кулачкового вала различают групповые переключатели:

• одностороннего вращения (КСП из-за особенности конструкции привода);

• двустороннего вращения (практически все групповые контроллеры).

2.5. Групповые контакторы ПКГ-4(6)

Назначение: групповой переключатель — это аппарат, состоящий из нескольких контактных элементов, размыкающих и замыкающих различные участки силовых цепей тяговых двигателей, но имеющих один общий привод. На отечественных электровозах постоянного тока групповые переключатели применяют для переключения тяговых двигателей с одного соединения на другое, где требуется соблюдение строгой последовательности замыкания и размыкания цепей.

Групповые переключатели служат для перегруппировки тяговых двигателей из сериесного соединения в сериесно-параллельное соединение; эту функцию выполняет ПКГ-4; и из сериесно-параллельного соединения в параллельное; эту функцию выполняет ПКГ-6. Это значит, что на зажимах тягового двигателя растет номинальное напряжение: 375 В, 750 В, 1500 В. Применяются на электровозе ВЛ11.

Технические данные:

Номинальное напряжение, В 3000
Длительный ток контакторного элемента, А 500

Разрыв контактов, мм 24–27
Провал контактов, мм 10–12
Нажатие контактов, кгс 14–18
Номинальное напряжение цепи управления, В 50
Номинальный ток блокировочных пальцев, А 5
Нажатие блокировочных пальцев, кгс 1–2,5

Принцип действия: при подаче сжатого воздуха в одну полость цилиндра поршень с рейкой перемещается, а кулачковый вал поворачивается в одно из крайних положений. Выпуск сжатого воздуха из этой полости и наполнение им второй полости приводят к повороту кулачкового вала во второе крайнее положение. Воздух в каждую полость цилиндра поступает через электромагнитные вентили, один из них, включающего типа, подает воздух в соответствующую полость цилиндра при включении катушки и выпускает воздух в атмосферу при ее отключении. Второй вентиль, включающего типа, подает воздух в полость цилиндра при отключении катушки и выпускает воздух в атмосферу при включении. Таким образом, если катушки обоих вентилей не подключены под напряжение цепи управления, то сжатый воздух заполняет ту полость цилиндра, которая соединена с вентилем выключающего типа, и контакторные элементы включают тяговые двигатели последовательно-параллельно. При включении катушек обоих вентилей сжатый воздух подается во вторую полость через вентиль включающего типа и переключает контакторные элементы в положение параллельного соединения тяговых двигателей.

Конструкция ПКГ-6 представлена на рис. 23.

Контакторный элемент ПКГ имеет 6 контакторных элементов. Устройство элемента аналогично устройству электропневматического контактора. Отличие заключается в конструкции контактного рычага и в применении дугогасительной камеры лабиринтно-щелевого типа.

Контактный рычаг 8 (рис. 24) имеет два ролика (шариковых подшипника) 9 и удлиненный хвостовик 11. Замыкание и размыкание контактов происходит под действием кулачкового вала. Этот вал имеет кулачковые шайбы с большим и малым радиусами. При повороте шайбы ролики, перекатываясь по большому ее радиусу, поднимают контактный рычаг, и контакты замыкаются. При обратном вращении шайбы ролики перекатываются с боль-

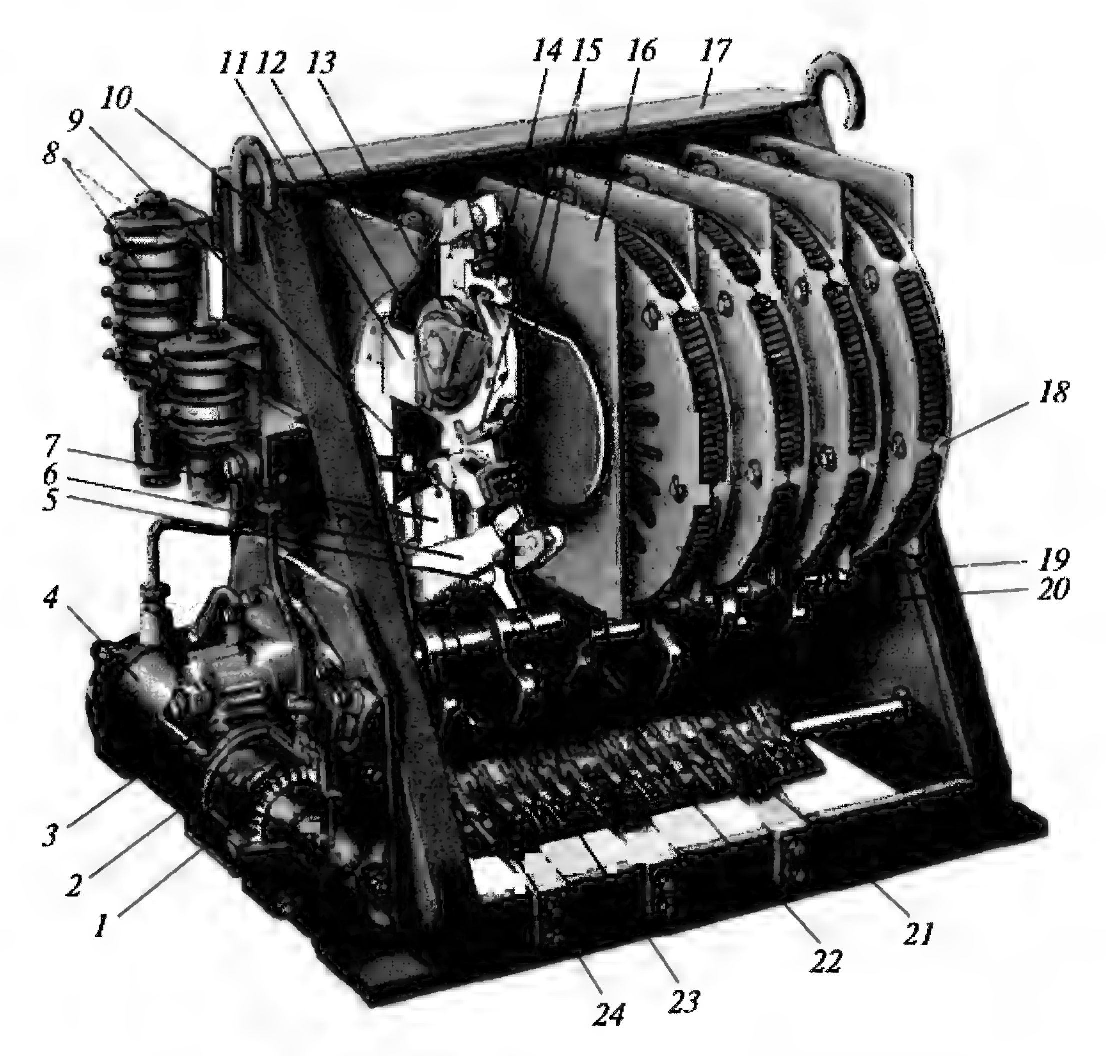


Рис. 23. ПКГ-6:
1 — поршень; 2 — зубчатая рейка; 3 — шестерня; 4 — цилиндр привода; 5 — ролик; 6 — нижний кронштейн; 7 — контактный рычаг с удлиненным хвостовиком; 8 — электропневматические вентили (большего размера — выключающего типа); 9 — притирающая пружина; 10 — каркас; 11 — верхний кронштейн; 12 — стойка; 13 — дугогасительная катушка; 14 — дугогасительный рог камеры; 15 — силовые контакты; 16 — асбоцементная перегородка; 17 — каркас; 18 — дугогасительная камера; 19 — шестигранный стальной вал; 20 — кулачковая вал; 21 — изоляционная колодка; 22 — блокировочные пальцы; 23 — выступ кулачковой шайбы; 24 — блокировочный вал

шого радиуса на малый радиус. Контакты под действием притирающей пружины 7 и собственного веса контактного рычага размыкаются. В случае заедания контактного рычага в верхнем положении (из-за задевания подвижного контакта о стенку дугогасительной камеры или замерзания привода) контакты разомкнутся

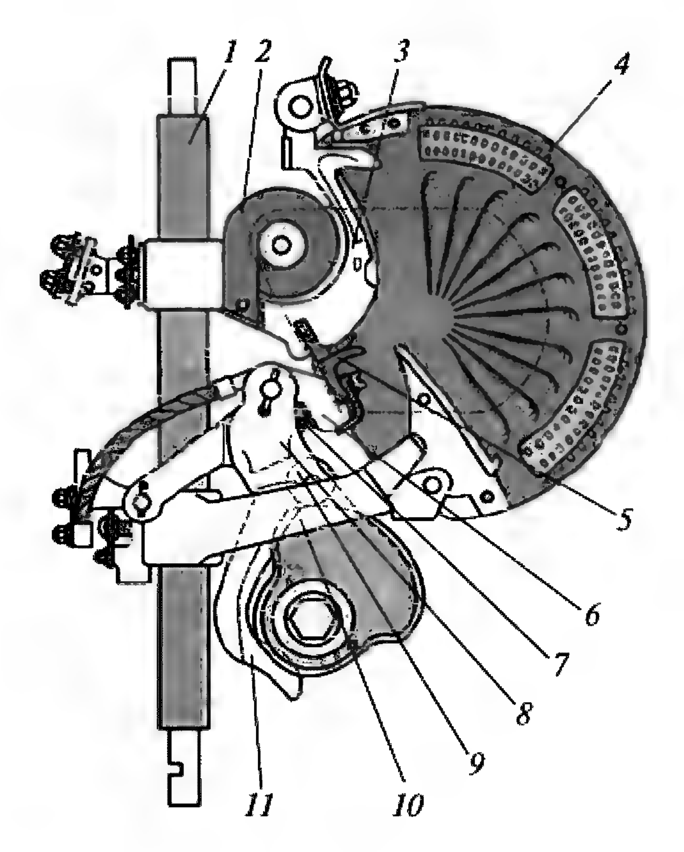


Рис. 24. Контакторный элемент ПКГ-6
(спецификация общая с предыдущим рисунком ПКГ)

принудительно за счет удара удлиненного хвостовика 11 по выступу кулачковой шайбы.

2.6. Силовой реостатный контроллер КСП-1 А

Назначение: реостатный силовой контроллер является основным аппаратом автоматического управления пуском поезда путем вывода пусковых резисторов из цепи тяговых двигателей и включения ослабления магнитного поля ТЭД. На электропоездах с рекуперативно-реостатным торможением с помощью реостатного контроллера управляют также электрическим торможением. Привод реостатных контроллеров пневматический.

Технические данные:

Номинальное напряжение силовой цепи, кВ 33
Номинальное напряжение цепи управления, В 50
Число позиций главного кулачкового вала 18–20
Угол поворота главного кулачкового вала
на одну позицию, град 20–18

Время свободного вращения главного кулачкового вала
при проходе всех позиций при давлении, с 6–7 7–9
Масса, кг.. 88 110

Конструкция устройства представлена на рис. 25.

Принцип действия: работа реостатного контроллера осуществляется при помощи многопозиционного пневматического привода системы Л.Н. Решетова и зубчатой передачи (аналогично работе реостатного контроллера КС-26 и 1КС-009). Для регулировки подачи сжатого воздуха на трубопроводе установлены два болта, изменяющих площадь сечения воздухопровода. Трехлучевая звезда, установленная в приводе, может поворачиваться только в одну сторону, и поэтому возвратно-поступательное движение поршней преобразуется в одностороннее вращательное движение звезды. Поворот звезды на 60°, а кулачкового вала на 20° соответству-

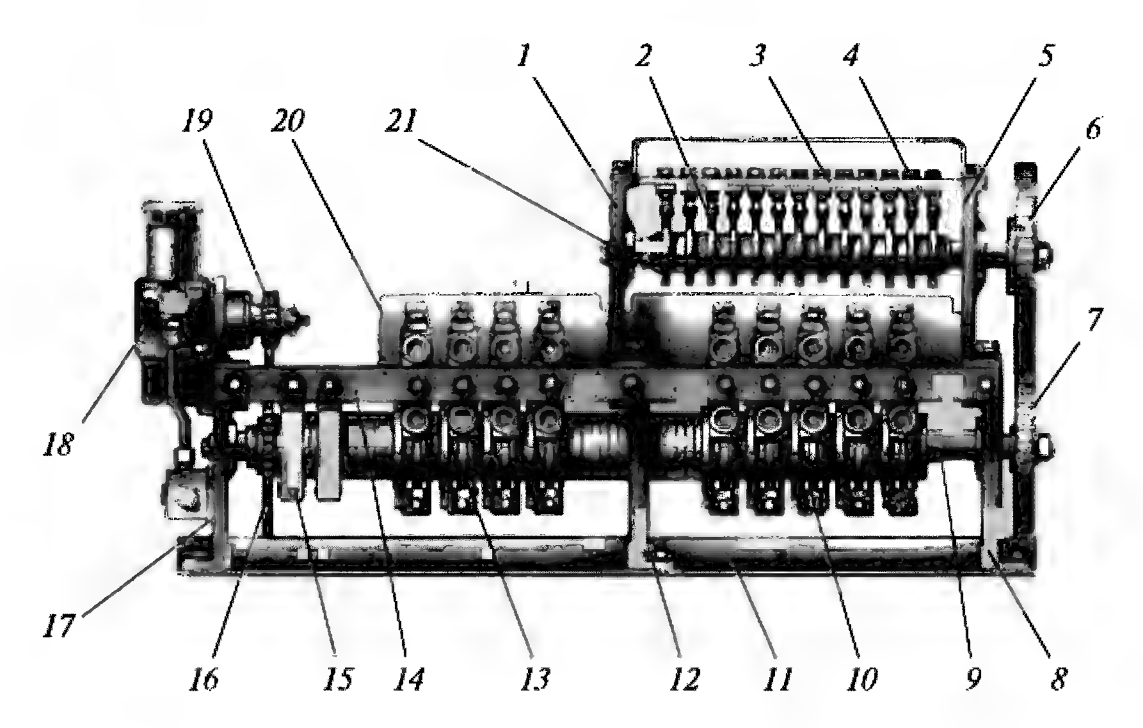


Рис. 25. Силовой реостатный контроллер КСП1А:
1, 5 — рамы устройства блокировки низковольтных цепей; 2 — блокировочный кулачковый вал; 3 — рейка; 4 — блокировочный контактор; 6, 7 — шестерни привода блокировочного кулачкового вала; 8, 12, 17 — рамы контроллера; 9 — главный кулачковый вал; 10 — силовой кулачковый контактор; 11 — угольник; 13 — кулачковая шайба главного вала; 14 — изоляционная рейка; 15 — фиксаторы главного вала; 16, 19 — шестерни привода главного кулачкового вала; 18 — электропневматический привод; 20 — перегородка; 21 — кулачковая шайба блокировочного вала

ет переходу на следующую позицию. Всего реостатный контроллер имеет 18 позиций.

Пневмопривод силового контроллера (привод Решетова) представлен на рис. 26.

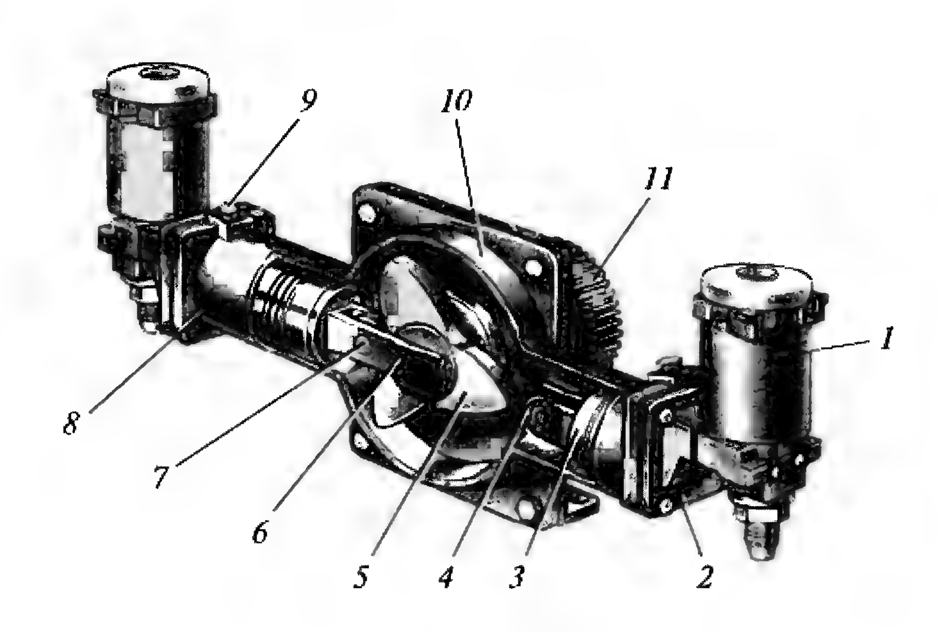


Рис. 26. Пневмопривод силового контроллера (привод Решетова):
1 — вентиль; 2 — фланец; 3 — поршень; 4 — ролик; 5 — трехконечная звезда; 6 — подвижная рейка; 7 — ось ролика; 8 — цилиндр; 9 — пробка; 10 — корпус привода; 11 — шестерня

2.7. Главный контроллер ЭКГ-8Ж

Назначение: главный контроллер предназначен для переключения под нагрузкой ступеней вторичной обмотки тягового трансформатора с целью изменения напряжения на зажимах тяговых двигателей.

Технические данные:

Номинальное напряжение изоляции, В 3100
Номинальное напряжение между разомкнутыми контактами:
контакторов с дугогашением, В 260
контакторов без дугогашения, В 1100
Номинальное напряжение цепей управления, В 50
Номинальный ток силовых контакторов, А 1300
Номинальный ток контакторов цепей управления, А 30
Номинальная мощность, Вт:
приводного двигателя 500
нагревателя смазки 130

Число фиксированных позиций 33
Собственное время переключения, с 25
Номинальное давление воздуха для дугогашения
МПа (кгс/см ^{2}) .... 0,5(5)

Устройство (рис. 27): вращение валов осуществляется электродвигателем ДМК через специальный редуктор. Имеется два электромагнитных вентиля для подачи сжатого воздуха к контакторам с дугогашением. С редуктором связаны два блока блокировочных контактов, для переключения в цепях управления в зависимости от позиций. Узел блок-контактов состоит из двух боковин, связанных рейками, на которые закреплены блок-контакты и кулачковые

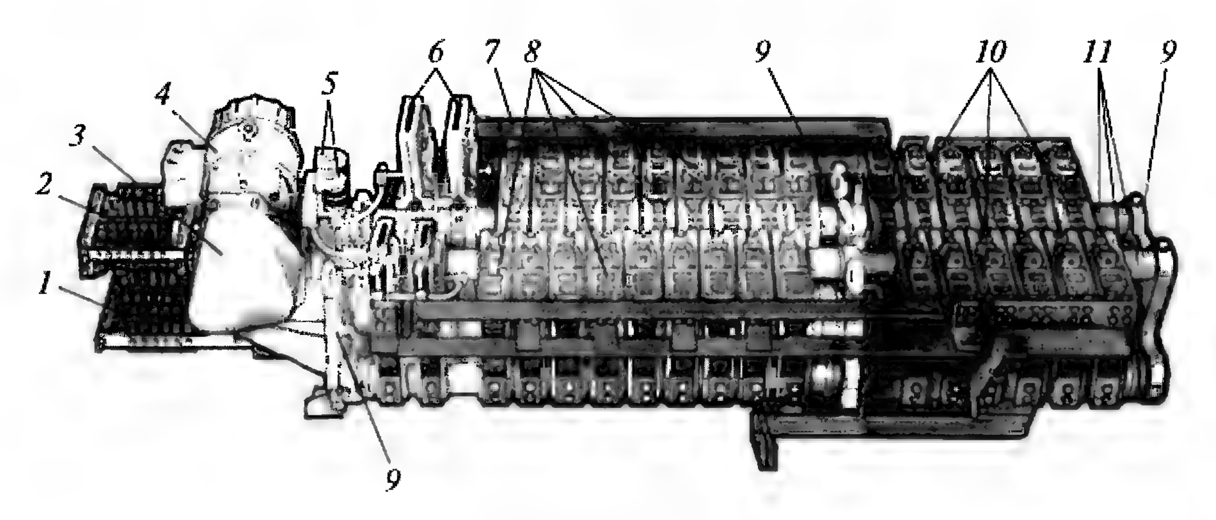


Рис. 27. Главный контроллер ЭКГ — 8Ж:
1 — кулачковый вал блокировочных контактов, 2 — блокировочные контакты, 3 — редуктор, 4 — электропривод, 5 — электромагнитные вентили, 6 — кулачковые контакторы с дугогашением, 7 — шина, 8 — кулачковые контактора без дугогашения переключения ступеней, 9 — боковина, 10 — кулачковые контакторы без дугогашения переключения обмоток, 11 — изоляционные рейки

валы. В верхнем блоке (блокировок привода) находится 14 блок-контактов, в нижнем (блокировки переключателя) — 17 (рис. 28).

Редуктор ЭКГ-8Ж

Редуктор ЭКГ-8Ж (рис. 29): червячная пара (червяк, на валу которого находится шестерня с предельной муфтой и червячное колесо). От вала червячного колеса с одной стороны, через открытую зубчатую передачу получает вращение верхний блокировочный вал 1, а на втором конце вала червячного колеса внутри редуктора насажен двухцевочный поводок и шестерня.

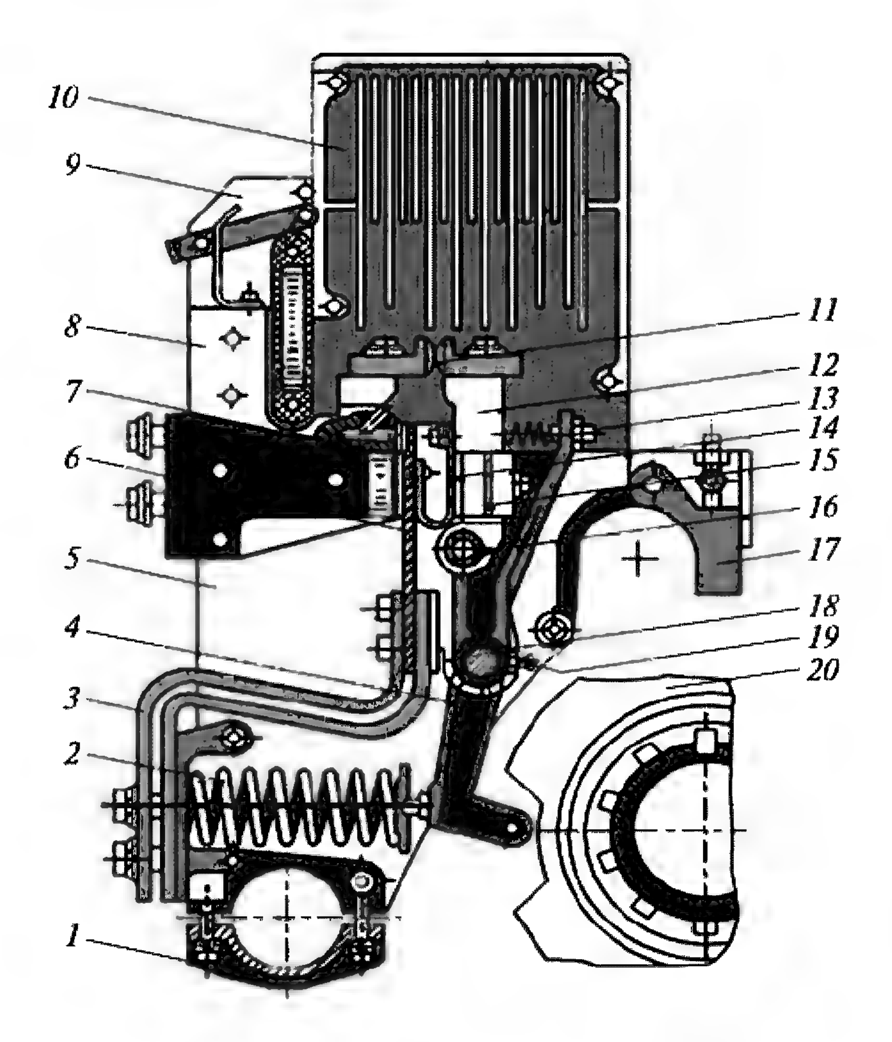


Рис. 28. Контактор ЭКГ — 8Ж с дугогашением:
1 — хомут; 2 — включающая пружина; 3 — гибкий шунт; 4 — основной рычаг; 5 — боковина; 6 — выводная пластина основного контакта; 7 — якорь компенсатора; 8 — контактодержатель; 9 — дугогасительная катушка; 10 — дугогасительная камера; 11 — дугогасительные контакты; 12 — подвижный контактный рычаг; 13 — контактная пружина; 14 — гибкий шунт дугогасительного контакта; 15 — ярмо компенсатора; 16 — резиновая втулка; 17 — прижим; 18 — ось; 19 — стопорный винт; 20 — шайба кулачковая

Первый шестизаходный мальтийский крест 2, с которым входит в зацепление двухцевочный поводок. От вала первого мальтийского креста через открытую передачу получает вращение полый вал 3 с шайбами для переключения контакторов с дугогашением. Внутри корпуса редуктора, на валу первого креста, находится полый вал, на одном конце которого одноцевочный поводок 6, а на другом — шестерня, которая входит в зацепление с шестерней червячного колеса.

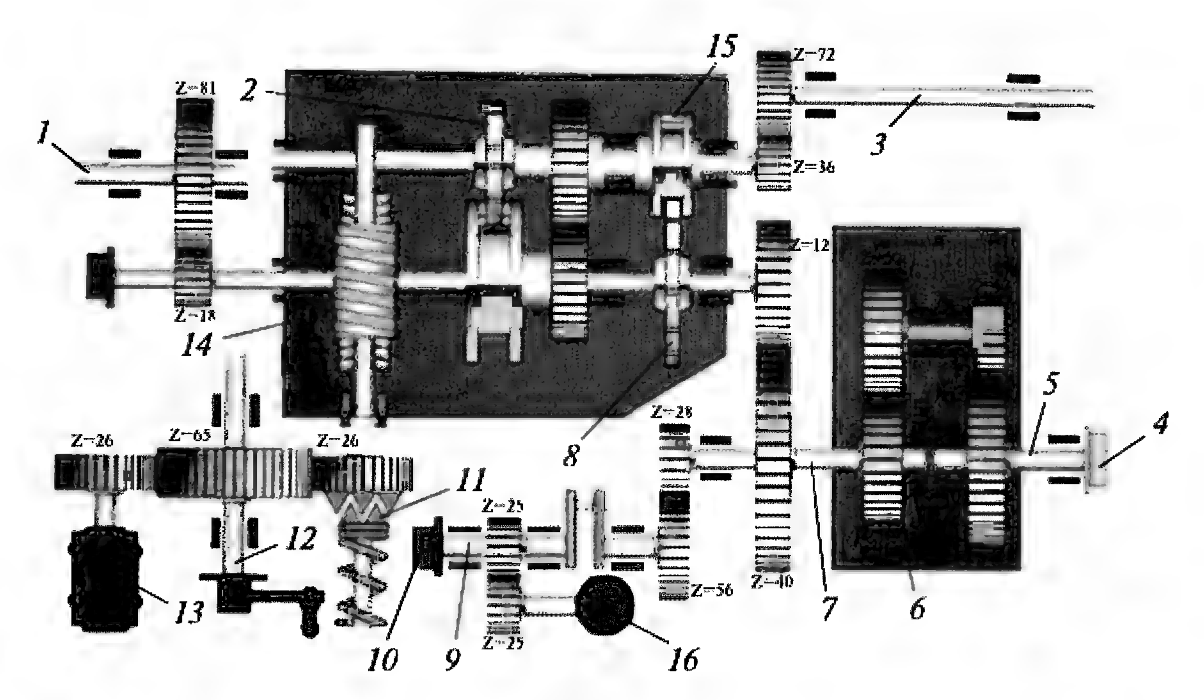


Рис. 29. Редуктор ЭКГ-8Ж

Второй шестизаходный мальтийский крест 7 входит в зацепление с одноцевочным поводком 15. От вала второго креста получает вращение главный вал ЭКГ 7, от которого через понижающие открытые передачи с одной стороны получает вращение вал переключения обмоток 5, а с другой стороны — нижний блокировочный вал 9 и ротор сельсина датчика 16.

2.8. Переключатель ослабления поля

Переключатель ослабления поля ПКГ-565М

Назначение: групповой контактор ПКГ-565М предназначен для подключения резисторов ослабления возбуждения параллельно обмоткам возбуждения тяговых электродвигателей.

Конструкция: аппарат представляет собой многополюсный контактор с шестью силовыми контактными элементами мостикового типа и двумя блокировочными групповыми контактами. Силовые контактные элементы состоят из подвижных и неподвижных контактов, закрепленных на контактодержателях, изготовленных из пластмассы. Контактодержатели подвижных контактов смонтированы на общем подвижном штоке. Контактодержатели неподвижных контактов закреплены на верхней и нижней рамах (рис. 30).

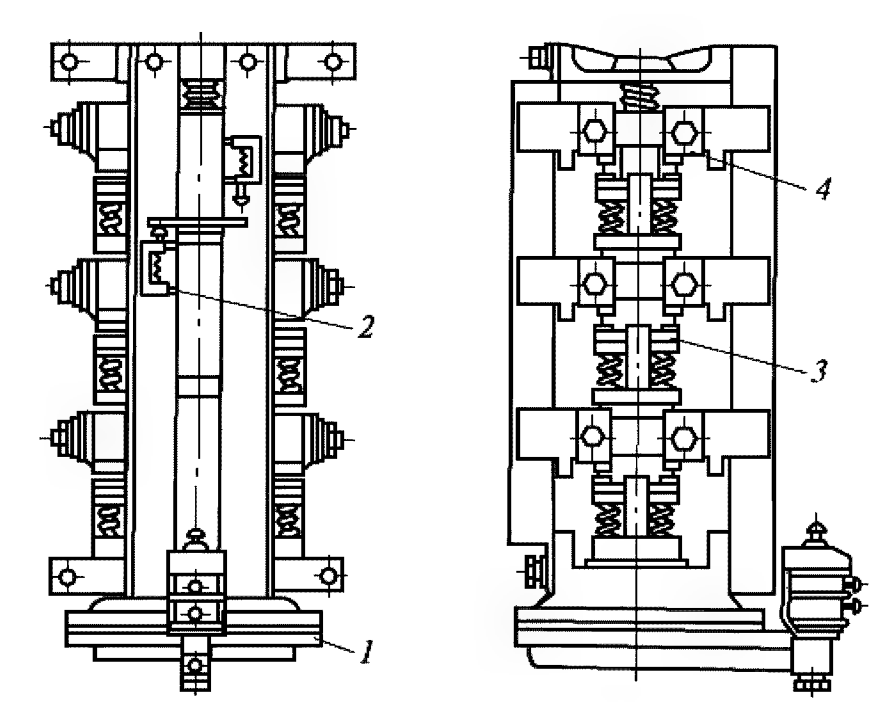


Рис. 30. Контактор ПКГ-565:
1 — пневматический привод; 2 — контакт блокировочный; 3 — подвижный силовой контактодержатель; 4 — неподвижный силовой контактодержатель

Принцип действия: шток перемещается и замыкает контакты под действием пневматического привода диафрагменного типа. Приводом управляет электропневматический вентиль. Отключение аппарата происходит под действием отключающей пружины при снятии напряжения с катушки вентиля и выключении пневматического привода.

Технические данные представлены в табл. 4.

Таблица 4

Технические данные ПКГ-565

Наименование	Главные контакты	Блокировочные контакты
Ток номинальный, А	450	5
Напряжение между контактами, В	20	75
Число коммутируемых цепей	6	—
Количество контактов	—	2з., 2р.
Нажатие контактов, не менее кгс	2*12	0,11–0,13
Раствор контактов, мм	6	—
Провал контактов, мм	4	—
Материал контактов	Металлокерамические	Серебро
Тип контактов	Линейные	

2.9. Реверсоры. Тормозные переключатели, отключатели ТЭД

Реверсор РК8

Назначение: реверсор РК-8А служит для переключения обмоток возбуждения тяговых двигателей с целью изменения направления движения электровоза. Реверсор имеет два положения включения: «Вперед», «Назад».

Технические данные:

Номинальное напряжение силовых контактов, В 3000
Длительный допустимый ток силовых контактов, А 500
Номинальное давление сжатого воздуха для работы
аппарата, МПа (кгс/см^2) 0,5 (5)
Номинальное напряжение цепи управления, В 50
Длительно допустимый ток блокировочных контактов, А 5
Раствор А силовых контактов не менее, мм 17
Провал силовых контактов, мм 10–14
Зазор, контролирующий провал Б, мм 7–10
Контактное нажатие силовых контактов, Н (кгс) .... 120–140(12–14)
Длина линии касания силовых и блок-контактов .... не менее 80%
.... ширины контакта
Контактное нажатие блок-контактов, Н (кгс) .... 10-25(1-2,5)
Минимальное давление сжатого воздуха, необходимое
для срабатывания аппарата, МПа (кгс/см^2) 0,375 (3,75)
Давление воздуха в резервуаре объемом 1 л и цилиндре
пневмопривода, МПа (кгс/см^2):
начальное 0,675 (6,75)
конечное (через 10 мин) 0,51 (5,1)
Напряжение переменного тока 50 Гц для испытания изоляции, В:
силовой цепи в течение 1 мин 9500
цепи управления 1500

Конструкция: реверсор РК-8А (рис. 31) является групповым кулачковым аппаратом, состоящим из шести кулачковых элементов и пневматического привода. Кулачковые элементы и привод укреплены на сварном каркасе.

Включение и выключение кулачковых элементов производятся кулачковыми шайбами, сидящими на стальном валу. Вал вращается в подшипниках, установленных в боковинах каркаса, и связан зубчатым сектором с зубчатой рейкой двухпозиционного привода. Два включающих электромагнитных вентиля производят подачу воздуха в левую или правую полость цилиндра, приводя в движение поршни, жестко соединенные с зубчатой рейкой, а вмес-

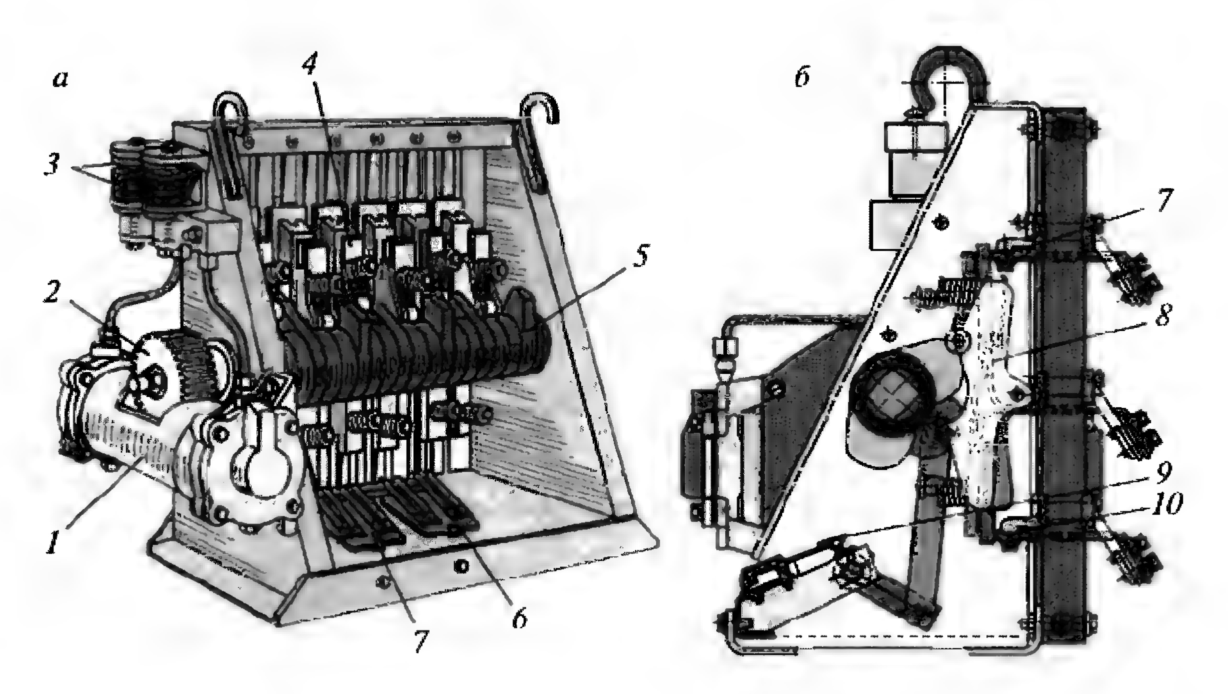


Рис. 31. Реверсор РК-8А:
а — Реверсор РК-8А: 1 – цилиндр; 2 — шестерня; 3 — вентили; 4 — контактные элементы; 5 — вал; 6 — блокировочные пальцы; 7 — контактные сегменты; б — Контракторный элемент реверсора РК-8А: 7 — неподвижный силовой контакт; 8 — контактодержатель подвижного контакта; 9 — неподвижный блокировочный контакт; 10 — неподвижный силовой контакт

те с ними и кулачковый вал. Поршни имеют по две уплотнительные резиновые манжеты и смазочное войлочное кольцо (рис. 32).

Вращение кулачкового вала с помощью тяги передается блокировочным сегментам, замыкающим соответствующие контактные пальцы. Блокировка имеет два замыкающих и два размыкающих контакта. Кулачковый элемент реверсора является кулачковым переключателем без дугогашения с двумя подвижными и двумя неподвижными контактами.

Самоустанавливающиеся подвижные контакты электрически соединены друг с другом гибким шунтом из провода П1Д, одновременно служащего выводом. Шунт выведен на среднюю стойку, укрепленную на изоляционных планках. Неподвижные контакты установлены на стойках, укрепленных в пазах изоляционных планок.

Выводы от неподвижных контактов представляют собой впаянные в контакты медные шины, что обеспечивает минимальные электрические потери в местах стыков токоведущей цепи. Кулачковая шайба имеет выступ, благодаря которому при включении под-

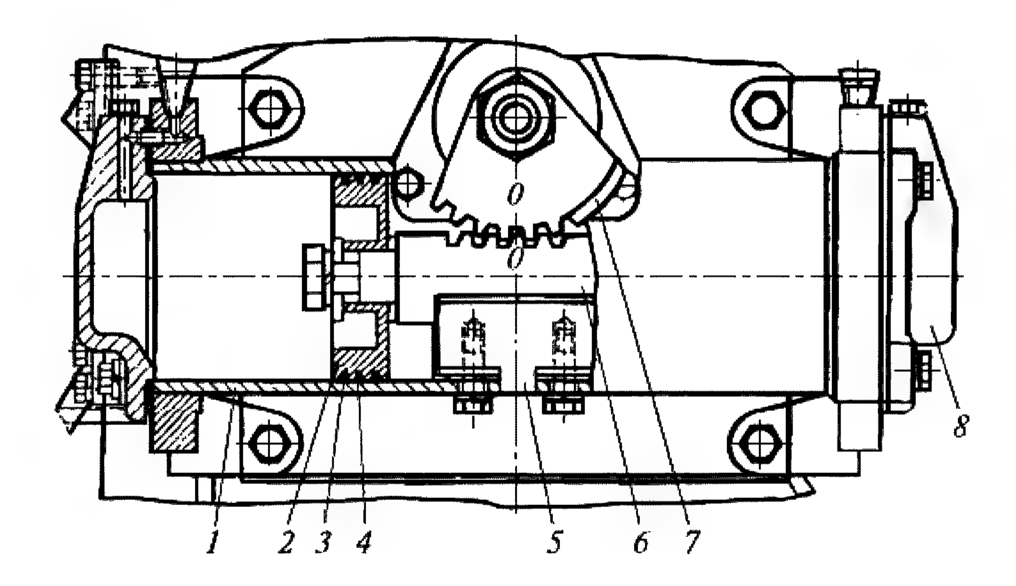


Рис. 32. Пневматический привод реверсора РК-8А:
1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — манжета; 4 — кольцо смазочное; 5 — упор; 6 — рейка зубчатая; 7 — сектор зубчатый; 8 — крышка

вижной контакт скользит по неподвижному сначала в одну, а затем в другую сторону таким образом, что окончательная линия касания находится на зачищенной поверхности обоих

Реверсор ППК-8060

Назначение: реверсор переключает в обесточенном состоянии обмотки возбуждения тяговых электродвигателей для изменения направления движения тепловоза (меняя направление вращения якорей тяговых электродвигателей).

Конструкция: аппарат представляет собой многополюсный кулачковый переключатель с электропневматическим приводом. Он имеет 12 кулачковых элементов с двусторонним расположением контактных групп и две группы вспомогательных контактов. Кулачковый элемент состоит из среднего контактодержателя с двумя подвижными 2 (рис. 33) пальцевыми контактами, имеющими один общий вывод, двух контактодержателей с неподвижными контактами 4 и кулачковой шайбы 7. Контактодержатели и кулачковые шайбы изготовлены из высокопрочного изоляционного материала.

Каждая кулачковая шайба управляет двумя элементами: верхним и нижним. Контактодержатели закреплены на шести металлических стойках 6. Кулачковые шайбы закреплены на валу 1, кото-

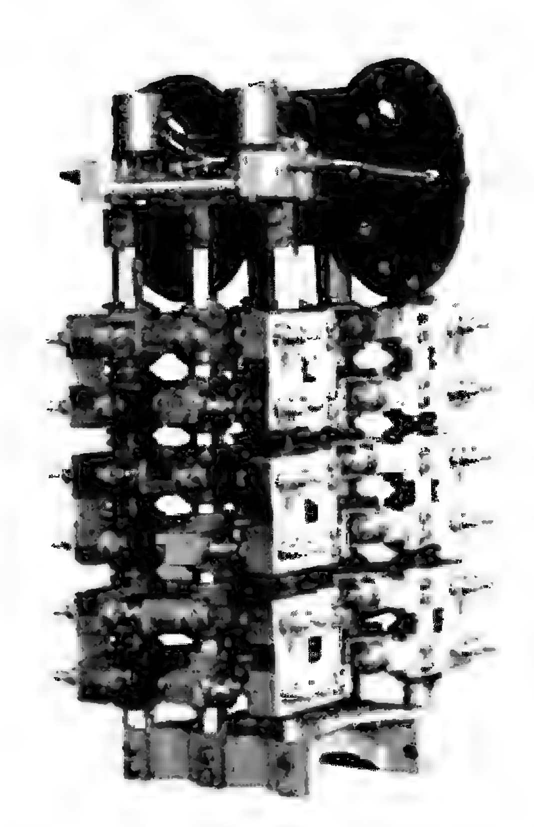


Рис. 33. Реверсор ППК-8060

рый поворачивается под воздействием пневматического диафрагменного привода 3.

Приводом управляют электропневматические вентили. Переключатель снабжен устройством для ручного переключения.

Технические данные представлены в табл. 5.

Таблица 5

Технические данные реверсора ППК-8060

	Главные контакты	Блокировочные контакты
Ток номинальный, А	1000	2
Напряжение номинальное, В	900	110
Число контактов	24	4
Нажатие, Н	300±1,5	1,1–1,3
Раствор контактов не менее, мм	10	2,5
Провал не менее, мм	3	2

Тормозной переключатель ТК-8

Назначение: переключатель ТК-8Б предназначен для переключения цепей электровозов ВЛ10, ВЛ10У с режима тяги в режим рекуперативного торможения и обратно.

Технические данные тормозного переключателя ТК-8Б представлены в табл. 6.

Таблица 6

Технические данные тормозного переключателя ТК-8Б

Параметр	Значение параметра
Номинальное напряжение, В	3000
Номинальный ток контакторного элемента, А	500
Количество силовых контакторных элементов	10
Номинальное давление сжатого воздуха для работы пневматического привода, кгс/см^2 (МПа)	5 (0,5)
Номинальное напряжение цепи управления, В	50
Масса, кг	136,5

Конструкция: тормозной переключатель ТК-8Б (рис. 34) представляет собой групповой переключатель, состоящий из кулачковых элементов, которые укреплены на сварном каркасе 4.

Кулачковые элементы без дугогашения с выводом средней точки от подвижных контактов 9 и двумя неподвижными контактами 8 переключаются кулачковыми шайбами, насаженными на стальной четырехгранный вал. Вал вращается в подшипниках, установленных в боковинах каркаса, и связан зубчатой шестерней 15 с зубчатой рейкой двухпозиционного пневматического привода 1. Каждый поршень пневматического привода имеет две уплотнительные резиновые манжеты и войлочное кольцо для смазки рабочей поверхности цилиндра. Два включающих электромагнитных вентиля 3 подают воздух в левую или правую полость цилиндра, приводя в движение поршень, жестко соединенные с зубчатой рейкой, а вместе с ними и кулачковый вал. Вращение кулачкового вала через тягу сообщается блокировочным сегментам, замыкающим соответствующие контактные пальцы. Подвижные контакты электрически соединены гибким проводом ПЩ. Этот провод служит электрическим выводом подвижных контактов. Неподвижные контакты установлены на стойках, укрепленных в пазах изоляционных планок. Электрический вывод от неподвижных контактов осуществляется впаянными в них медными шинками, что обеспечивает минимальные потери в местах стыков токоведущей цепи. Конструкция кулачкового элемента позволяет быстро его разобрать и сменить изоляционные планки. Кулачковая шайба имеет специальный профиль, обеспечивающий скольжение подвижного контакта по

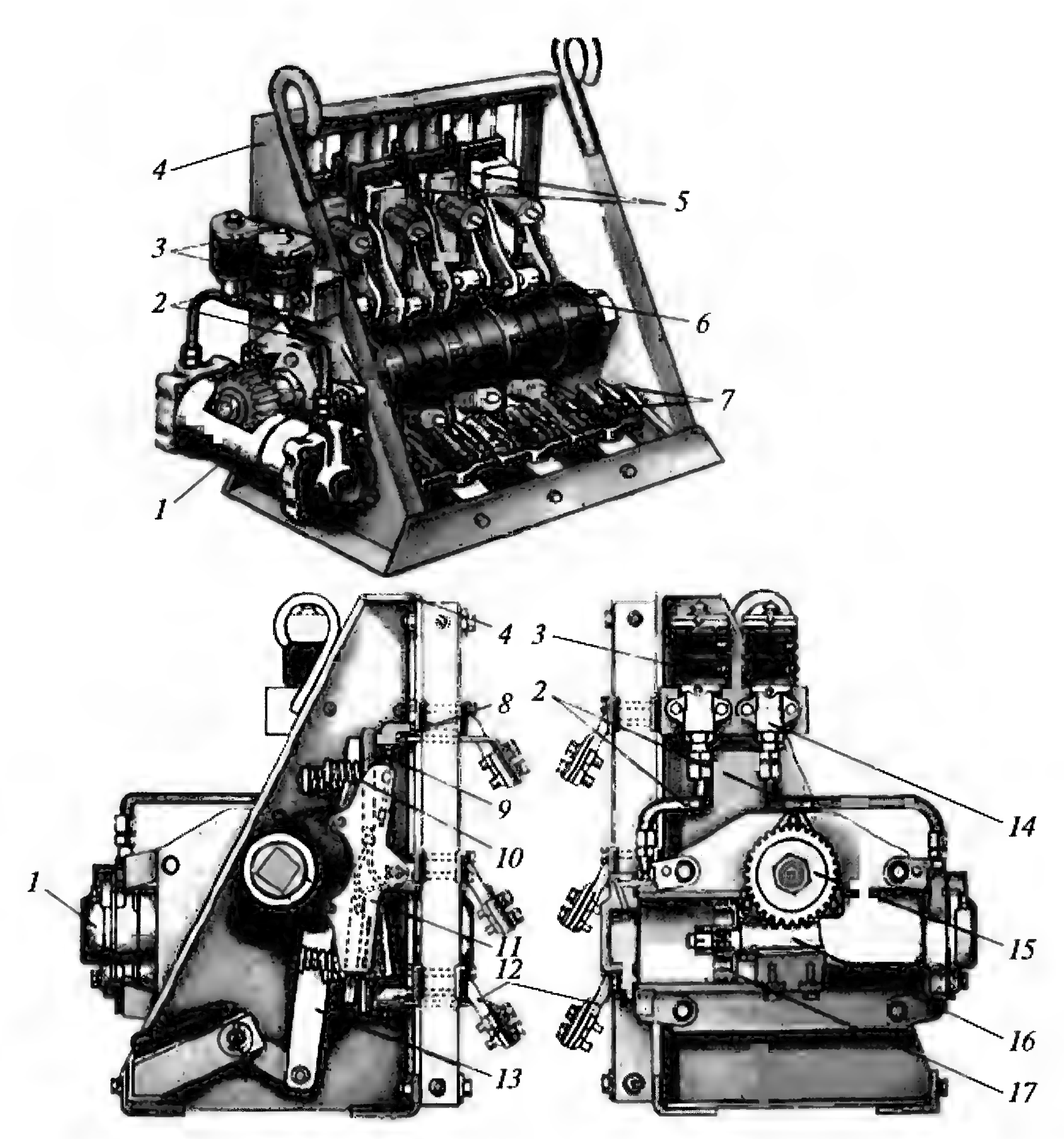


Рис. 34. Тормозной переключатель ТК-8Б

неподвижному в одну, а затем в другую сторону. При этом происходит чистка контактов.

Принцип действия: управление приводом аппарата осуществляется с помощью двух электропневматических вентилей включающего типа 3. Вентили подают сжатый воздух в левую или правую полость цилиндра, приводя в движение поршни. Это движение через зубчатые рейку и шестерню передается кулачковому валу. В результате происходит переключение контакторных элементов ап-

парата. Одновременно вращение кулачкового вала через тягу передается блокировочным сегментам, замыкающим соответствующие контакты 9.

Отключатель тяговых электродвигателей ОД-8

Назначение: отключатели двигателей предназначены для отключения поврежденных тяговых двигателей и переключения на аварийный режим исправных двигателей.

Технические данные отключателей двигателей ОД-8А и ОД-8Б-2:

Номинальное напряжение, В 3000
Номинальный ток, А 500
Номинальное напряжение блокировочных контактов, В 50
Номинальный ток блокировочных контактов, А 5
Число спаренных ножевых элементов ОД-8А 2
Число спаренных ножевых элементов ОД-8Б-2 3
Число одинарных ножевых элементов ОД-8Б-2 2
Разрыв блокировочных контактов, не менее, мм 4
Провал блокировочных контактов, не менее, мм 2–3
Длина линии касания ножей, не менее, мм 12
В оставшейся части между ножами и контактными пластинами допускается зазор, не более, мм 0,06
Усилие на рукоятке при отключении, кгс 13–16
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания изоляции в течение 1 мин:
- силовой цепи, В 9500
- цепи управления, В 1500

Масса отключателя:
- ОД-8А, кг 24,3
- ОД-8Б-2, кг 32,6

Конструкция: отключатели ОД-8А (рис. 35) и ОД-8Б-2 (рис. 36) имеют мостиковые блокировки. На отключателе ОД-8Б-2 установлен дополнительный контактный нож для переключения питания двигателей на низковольтные шины при вводе электровоза в депо.

Контактные элементы отключателей двигателей ножевого типа закреплены на общем сварном каркасе 1. Они бывают спаренными 3 и одинарными 5. Каждый ножевой элемент аппарата представляет собой двухпозиционный переключатель.

Принцип действия: при выходе из строя одного из двигателей ножами отключателя отсоединяют группу из двух двигателей, например при повреждении двигателя 1 отключают двигатели 1 и 2. В случае отключения двигателей 1 и 2 одновременно с ножами

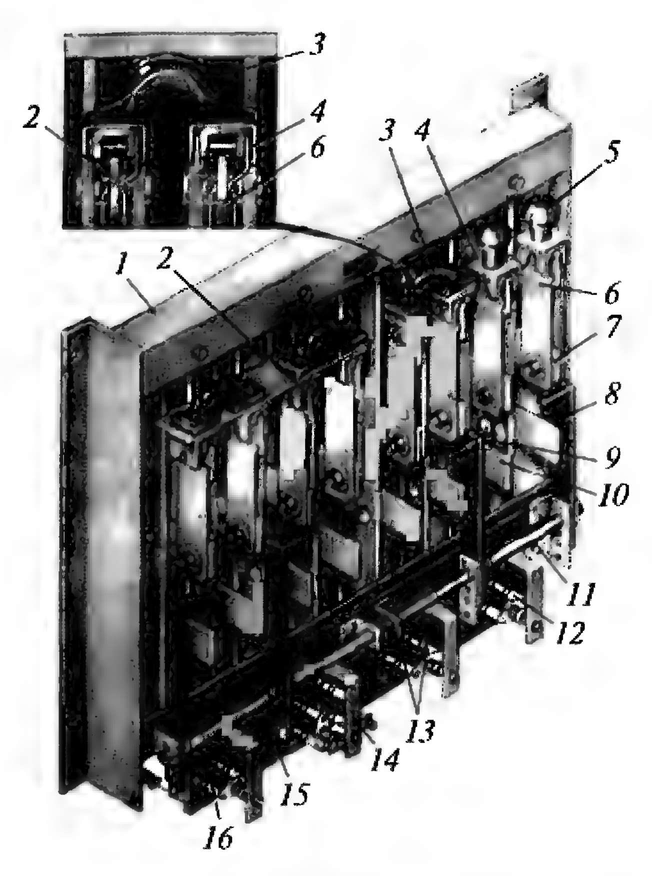


Рис. 35. Отключатель тяговых электродвигателей ОД-8

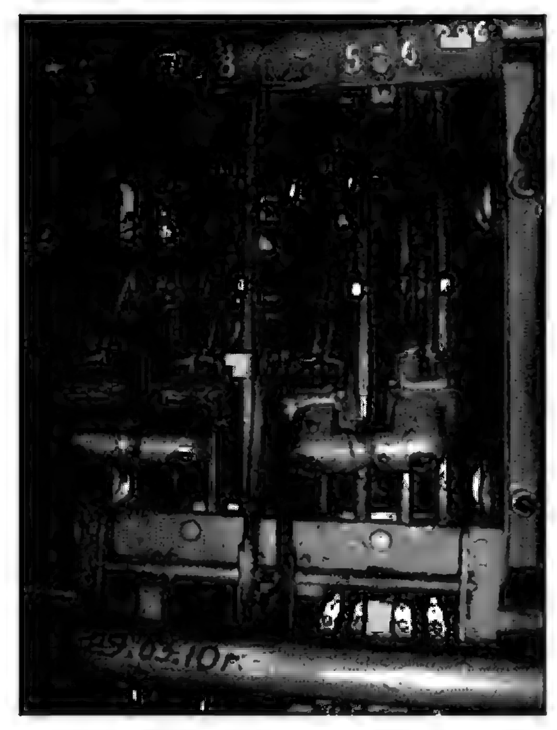


Рис. 36. Отключатель тяговых электродвигателей ОД-8Б-2

ОД1-2 переключаются сблокированные с ними ножи ОД1 и ОД2. Переключение ножа ОД1 предотвращает подсоединение закороченной ветви двигателей к земле при параллельном соединении. Одновременно на этом же соединении цепи двигателей 3 и 4 подсоединяют к земле. Ножами ОД2 элемент 33-0 включается параллельно контакторным элементам 33-0, 31-0 и шунтирует на резистор цепь двигателей 1-й секции электровоза при переходе с последовательного на последовательно-параллельное соединение. На ступени перехода Х3 элементом 32-0 отключаются двигатели 1-й секции электровоза.

Переход на параллельное соединение происходит аналогично переходу при полном числе ТЭД. Если отключены двигатели 5 и 6, то при переходе с последовательного на последовательно-параллельное соединение одновременно с контакторным элементом 32-0 размыкаются контакторы 2-2 и 17-2, отключая цепь двигателей 2-й секции. На последовательно-параллельном соединении работают четыре ТЭД 1-й секции. При переходе на параллельное соединение двигатели 7 и 8 включаются на ступени перехода Х3 элементом 23-2 контактором 17-2. При повреждении двух или трех двигателей различных групп работа возможна лишь на последовательном соединении. На аварийных режимах возможно применение ослабления возбуждения ТЭД на всех ходовых позициях. Рекуперация при отключенных двигателях невозможна. Для исключения сбора цепей рекуперативного режима в цепь соответствующих вентилей тормозного переключателя включены блокировки отключения двигателей.

Отключитель тяговых электродвигателей РТД20

Назначение: разъединитель РТД-20 (рис. 37 а, б) предназначен для отключения тяговых двигателей.

Конструкция: разъединитель РТД-20 (рис. 37, а) имеет один силовой нож клинового типа, включенный в поездном положении аппарата. Каждый разъединитель имеет в схеме электровоза по два блокировочных контакта (рис. 37, б). Разъединители ОД1 и ОД2 находятся в БСА №1, а ОД3 и ОД4 — в БСА №2; в поездном положении включены.

Принцип действия: переключатель вспомогательных цепей типа ПВЦ-100 (в схеме на рис. 38 б, 111) — служит для переключения питания вспомогательных машин и имеет следующие положения.

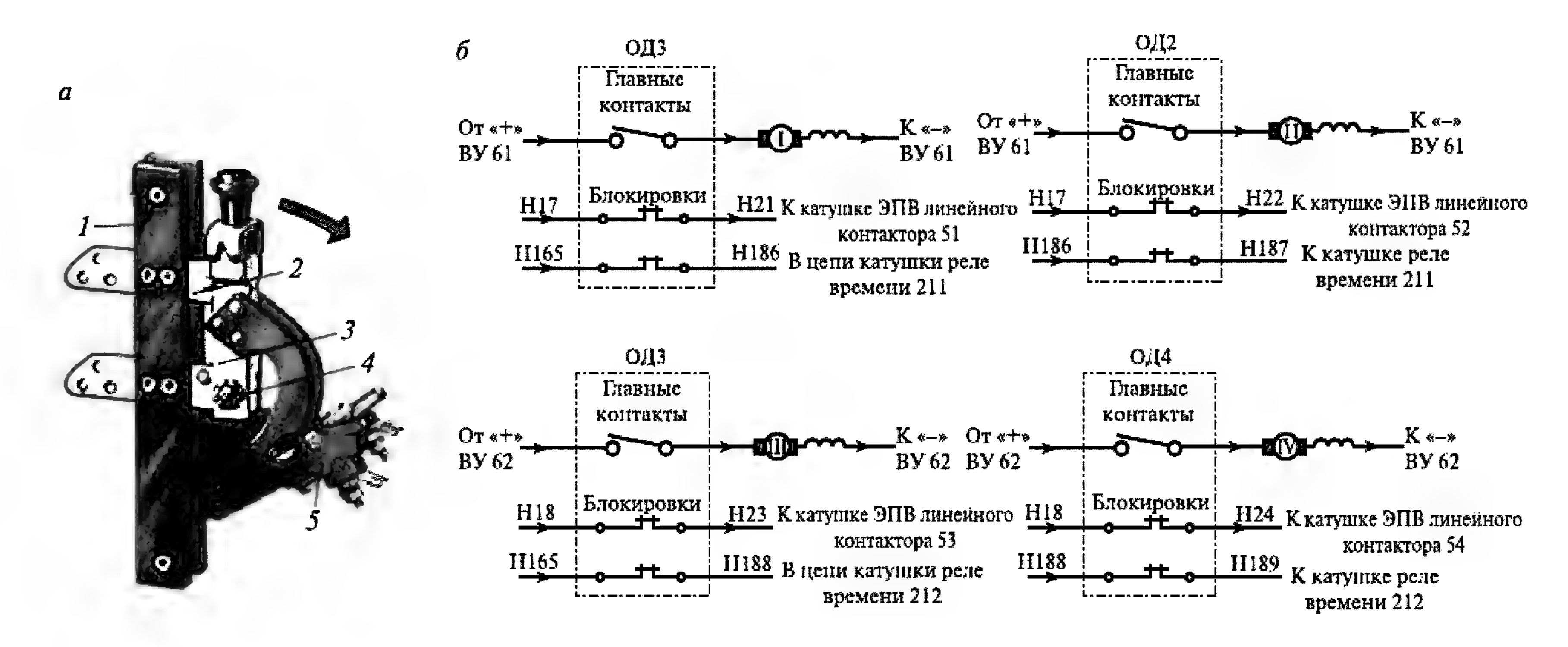


Рис. 37 а. Разъединитель тягового двигателя РТД-20

Рис. 37 б. Разъединитель тягового двигателя РТД-20: схема подключения во включенном (поездном) положении аппарата

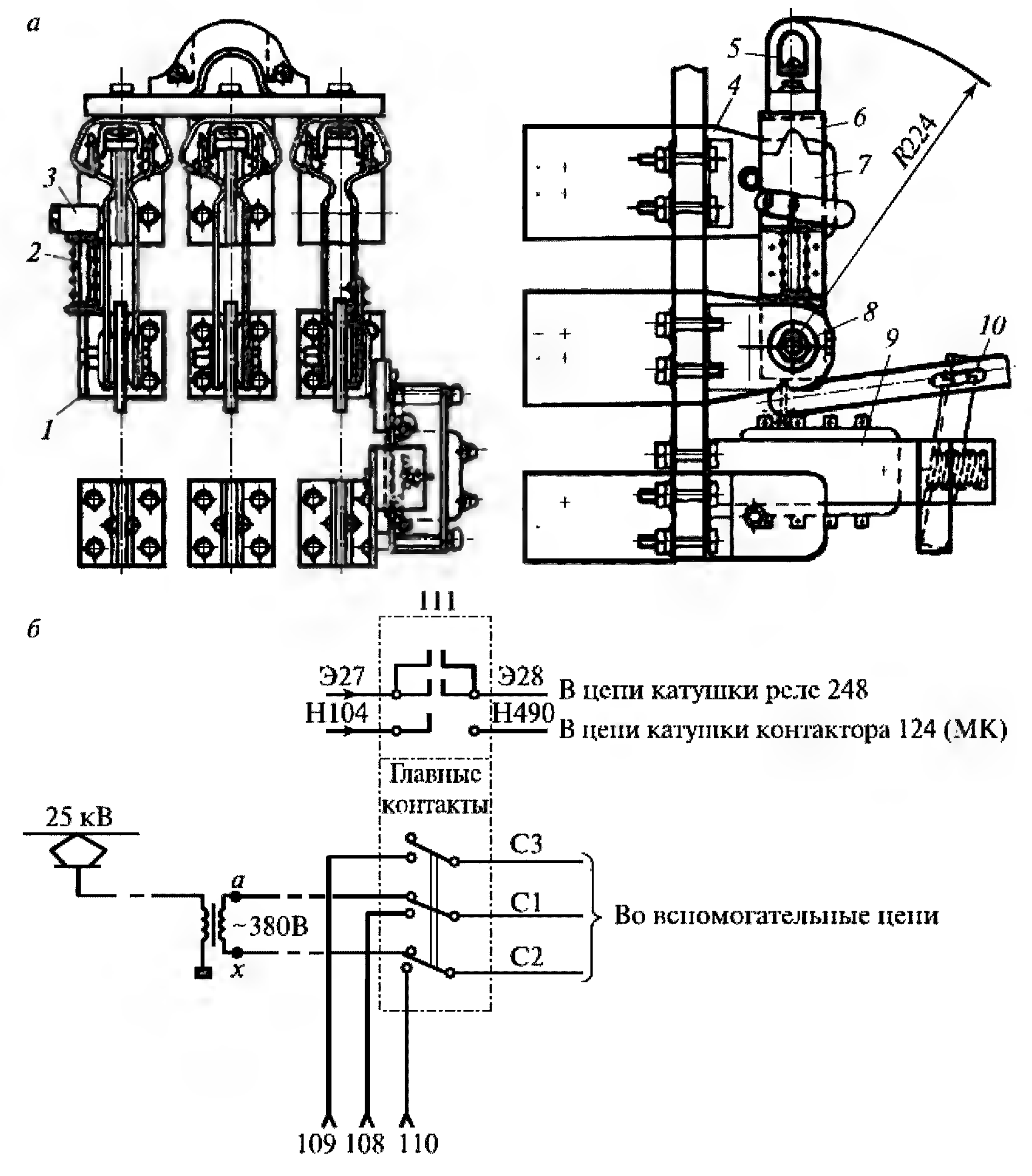


Рис. 38. Переключатель вспомогательных цепей ПВЦ-100:
а — схема его подключения в поездном положении аппарата (ножи вверх); б — 1 — планка, 2 — стержень, 3, 5 — рукоятки, 4 — контактная пластина, 6 — пластинчатая пружина, 7 — контактный нож, 8 — пружинная шайба, 9 — блокировочные контакты (3 шт.), 10 — тяга привода блокировочных контактов

1. Нормальное положение (ножи включены вверх) — в этом положении вспомогательные цепи электровоза подключаются к обмотке собственных нужд тягового трансформатора.

2. Переключенное положение (ножи вниз) — в этом положении вспомогательные цепи электровоза подключаются к розеткам 108,109,110 для испытания его вспомогательных машин от трехфазного источника депо.

3. Отключенное положение (ножи полностью отключены) и находятся в среднем положении — вспомогательные цепи отключены от розеток и от обмотки собственных нужд.

2.10. Токоприемники. Действие токоприемников. Схемы управления токоприемниками

Качество токосъема и параметры токоприемников

Токоприемники служат для создания электрического скользящего контакта между контактным проводом или контактным рельсом и электрическими цепями ЭПС. Конструкция токоприемников определяется: расположением контактного провода или рельса относительно локомотива, величиной тока нагрузки, скоростью движения подвижного состава, характером изменения расстояния между основанием токоприемника и контактным проводом, условиями управления (подъемом и опусканием) токоприемником.

Классификация токоприемников.

1. По расположению относительно подвижного состава:

• верхнее — когда токоприемник закрепляется на крыше подвижного состава;

• боковое или верхнее боковое — когда токоприемник закрепляется сбоку подвижного состава;

• нижнее — когда токоприемник закрепляется внизу подвижного состава.

2. По конструкции токоприемника:

• дуговые;

• штанговые;

• пантографные. Пантографные токоприемники обеспечивают надежный контакт с контактным проводом при больших скоростях движения и токах, не требуют перестановки при изменении направления движения, удобны для дистанционного управления.

3. По количеству рычагов:

• однорычажные;

• двухрычажные;

• четырехрычажные;

4. По количеству ступеней.

• одноступенчатые;

• двухступенчатые;

• многоступенчатые.

5. По способу действия привода токоприемника:

• работающие на опускание — это токоприемники, в которых при подаче сжатого воздуха в пневмоцилиндр токоприемник опускается;

• работающие на подъем — это токоприемники, в которых при подаче сжатого воздуха в пневмоцилиндр токоприемник поднимается.

Применяемые токоприемники различных типов довольно сильно отличаются друг от друга, но все они, в основном, состоят из одних и тех же элементов:

• основания, укрепленного на изоляторах, установленных на крыше электровоза или моторного вагона;

• системы подвижных рам, которая независимо от высоты контактной сети обеспечивает прилегание одного или двух полозов, снабженных контактными пластинами (накладками), скользящими по контактному проводу;

• рабочих пружин, обеспечивающих подъем системы подвижных рам вместе с полозами и необходимое давление в контакте;

• механизма управления, позволяющего поднимать или опускать подвижную систему токоприемника.

Для дистанционного управления токоприемники снабжают пневматическим приводом, состоящим из одного или двух цилиндров с поршнями. Нажатие полоза токоприемника на контактный провод при движении локомотива определяется в общем виде выражением:

$$P_к = P_0 \pm P_{тр} + P_у - m_{тп} \left(d^2y / dt^2 \right),$$

где P_0 — усилия, создаваемые подъемными пружинами;

$P_{тр}$ — сила трения в шарнирах;

$P_у$ — аэродинамическая подъемная сила, определяемая воздействием на токоприемник воздушных масс при движении локомотива;

m_{mn} — приведенная масса локомотива;

$\left(d^2y / dt^2 \right)$ — вертикальная составляющая ускорения полоза токоприемника.

Из этого выражения видно, что качество токосъема зависит от стабильности контактного нажатия, которая определяется си-

лой трения в шарнирах, приведенной массой и аэродинамической подъемной силой.

Наличие трения в подвижной системе токоприемника способствует уменьшению амплитуды колебаний. Вместе с тем большое трение снижает стабильность контактного нажатия. Установлено, что при скорости движения менее150 км/ч достаточно иметь суммарную силу трения во всех шарнирах подвижных рам токоприемника 0,5–0,7 кГ.

Характеристики токоприемников.

1. Статическая характеристика — это зависимость статического нажатия от высоты подъема полозов.

Статическое нажатие — это алгебраическая сумма P_0 (усилия, создаваемые подъемными пружинами) и $P_{тр}$ (сила трения в шарнирах).

Активное нажатие при подъеме — это разность P_0 (усилия, создаваемые подъемными пружинами) и $P_{тр}$ (сила трения в шарнирах) $P_1 = P_0 - P_{тр}$.

Пассивное нажатие при опускании — это сумма P_0 (усилия, создаваемые подъемными пружинами) и $P_{тр}$ (сила трения в шарнирах) $P_2 = P_0 + P_{тр}$.

Разность между величинами P_1 и P_2 в каждой точке полоза по высоте подъема равна удвоенной величине сил трения шарниров токоприемника и характеризует качество сборки и состояние его шарниров. В пределах рабочей высоты (400–1900 мм от рабочей поверхности полоза в опущенном состоянии) разница между нажатием полоза при подъеме и опускании обычно не превышает 2 кГ.

Оптимальная величина статического нажатия зависит от многих факторов: величины длительного тока; конструкции контактной сети и токоприемника, материала и размеров контактных элементов полоза (или полозов), климатических условий и др.

Для обеспечения нормальной работы токоприемника необходимо, чтобы происходящие при движении локомотива изменения нажатия в контакте были возможно меньшими и не выходили за пределы установленных значений. При уменьшении нажатия до нуля происходит отрыв полоза от контактного провода, вызывающий образование электрической дуги, электрический износ провода, повышение уровня радиопомех, а иногда и временное прекращение питания локомотива. Увеличение нажатия сверх установ-

ленного приводит к повышенному износу трущихся поверхностей, а иногда и к повреждениям токоприемника и контактного провода. Эксплуатируемые токоприемники имеют значительный разброс статического нажатия: от 5,5 до 13 кГ на участках постоянного тока и от 4,5 до 10,5 кГ — переменного тока.

2. Динамическая характеристика — это зависимость изменения приведенной массы токоприемника от высоты подъема полозов.

Приведенная масса — это условная масса, сосредоточенная в точке касания полоза с контактным проводом и оказывающая такое же воздействие на контактный провод, как и реальный токоприемник.

Оптимальная приведенная масса токоприемника определяется конструкцией его подвижных частей, высотой подъема полоза и подвески контактной сети. В верхнем положении полоза небольшое изменение высоты сопровождается значительными перемещениями подвижных рам и приведенная масса имеет наибольшую величину; в нижнем положении изменение высоты сопровождается меньшими перемещениями рам и приведенная масса меньше.

Уменьшение приведенной массы улучшает токосъем. Ее минимальное значение обусловлено необходимостью обеспечить определенную токопроводность и прочность токоприемника. При компенсированной контактной подвеске принимают следующие величины приведенной массы: 4,2 кГ-сек^2/м для токоприемников серии Т (тяжелой)[1]; 3,4 кГ-сек^2/м — серии Л (легкой)[1]; 3,5 кГ-сек^2/м — для скоростных (200 км/ч) электропоездов постоянного тока; 3,8 кГ-сек^2/м — скоростных электровозов постоянного тока и 3,1 кГ-сек^2/м — скоростных (200 км/ч) электровозов переменного тока.

В целях улучшения динамических свойств токоприемников стремятся большие массы подвижных частей (рам) $т_р$ отделить пружинами от малых масс (полозов) $т_п$. Тогда при прохождении токоприемником мелких неровностей контактной подвески перемещается только полоз. В этом случае в расчет динамических усилий вводят только приведенную массу полоза. По этим же причинам все детали подвижной системы токоприемников выполняют возможно более легкими (из тонкостенных высококачественных стальных труб и сварных тонкостенных конструкций), а для уменьше-

ния потерь на трение, особенно в нижних наиболее нагруженных шарнирах, применяют шариковые подшипники и подшипники из синтетических материалов.

3. Аэродинамическая характеристика $P_у$ — это зависимость нажатия полозов на контактный провод от скорости движения локомотива, скорости и направления движения воздушных масс.

Величина аэродинамической составляющей $P_у$ зависит от конструкции токоприемника, скорости движения поезда, скорости и направления ветра, от формы крыши, лобовой поверхности локомотива и от положения. Наибольшие аэродинамические воздействия испытывает передний токоприемник головного локомотива.

Значения $P_у$ с достаточной достоверностью могут быть определены лишь экспериментальным путем. Установлено, что при удовлетворительных величинах приведенной массы токоприемника токосъем с увеличением скорости движения не будет значительно ухудшаться, если при скорости 200 км/ч аэродинамическая сила находится в пределах 5–8 кГ для участков переменного тока и 8–10 кГ — для участков постоянного тока. Необходимые аэродинамические характеристики получают, выбирая соответствующую форму полоза и профили подвижных рам токоприемника. Эти характеристики зависят также от боковой устойчивости (жесткости) токоприемника.

Существенное влияние на качество токосъема оказывает также и материал сменных вставок полоза. Вставки изготовляют из материала с малым удельным сопротивлением, стойкого к дугообразованию, обладающего достаточно высокой износоустойчивостью и, в то же время, обеспечивающего минимальный износ контактного провода. Широко применяемые за рубежом и в нашей стране медные контактные накладки вызывают интенсивный износ контактного провода и быстро изнашиваются сами. Медные накладки первоначально применяли в сочетании с консистентной графитовой смазкой, а с 1960 г. начали использовать более совершенную твердую графитовую смазку. В последние годы расширяется применение контактных вставок из так называемых самосмазывающихся материалов — угольные вставки.

Угольные вставки изготовляют из угольно-графитовых обожженных композиций. Они обеспечивают наименьший износ контактного провода, увеличивая срок его службы в несколько раз, и

снижают уровень радиопомех. Срок службы самих угольных вставок превосходит срок службы медных накладок. Однако угольные вставки имеют относительно высокое удельное сопротивление. Это вызывает соответственное увеличение мощности потерь в контакте и повышает опасность пережога контактного провода при коротких замыканиях на ЭПС во время стоянки, когда происходит местный нагрев провода. Поэтому угольные вставки применяют лишь при надежной и достаточно быстродействующей защите контактной сети от токов короткого замыкания. По той же причине затруднительно применение угольных вставок на пассажирских электровозах постоянного тока при питании от токоприемника цепей электроотопления поезда, когда во время стоянки неподвижный контакт нагружается током 200–300 А и более.

Сейчас широко применяют металлокерамические вставки на медной основе, которые также являются самосмазывающимися и существенно снижают износ контактного провода, хотя и несколько уступают в этом угольным.

Вставки из самосмазывающегося материала полируют контактную поверхность провода, что и обеспечивает его малый износ. Существенным преимуществом угольных вставок является резкое снижение помех радиоприему, вызываемых работой токоприемников. Медные накладки нарушают полировку провода, вызывая повышенный износ провода и угольных или металлокерамических вставок при совместной работе ЭПС с разными вставками на одном участке контактной сети. Поэтому совместная эксплуатация ЭПС с медными накладками и вставками из самосмазывающихся материалов недопустима. Вместе с тем угольные вставки можно эксплуатировать совместно с металлокерамическими. Это позволяет применить металлокерамические вставки на токоприемниках пассажирских электровозов с тем, чтобы исключить возможность пережога провода во время их стоянки, и угольные вставки на токоприемниках грузовых электровозов и электропоездов. Испытываются металлокерамические вставки и на мощных электровозах постоянного тока при больших токовых нагрузках.

Токоприемник Т-5М1 (П-5)

Назначение: токоприемник Т-5М1 (П-5) служит для осуществления подвижного электрического соединения между контактным проводом и электрическими цепями электровоза.

Технические данные токоприемника Т-5М1 (П-5)

Номинальное напряжение, В 3000
Продолжительно допустимый ток, А:
при стоянке 300
при движении 2200
Наибольшая скорость движении, км/ч 150
Время подъема токоприемника от сложенного положения до наибольшей рабочей высоты при номинальном давлении сжатого воздуха, с 7–10
Время опускания токоприемника от наибольшей рабочей высоты до сложенного положения при номинальном давлении сжатого воздуха, с 3,5–6,0
Диапазон рабочей высоты, мм 400–1900
Наибольшая высота подъема, мм 2100
Статическое нажатие на контактный провод в диапазоне рабочей высоты, кгс:
активное 10
пассивное 13
Ход каретки, мм 50
Разница между наибольшим и наименьшим нажатиями при одностороннем движении токоприемника в диапазоне рабочей высоты, не более, кгс 1,5
Опускающая сила в диапазоне рабочей высоты, не менее, кгс 20
Наименьшее давление сжатого воздуха для нормальной работы пневматического привода, кгс/см^3 3,5
Начальное давление сжатого воздуха для испытания пневматического привода на герметичность, кгс 6,75
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания изоляции (на электровозе) в течение 1 мин, В 12000
Масса, кг 269

Конструкция: токоприемник (рис. 39) состоит из основания 1, нижних 2 и верхних 24 рам, полозов 27, кареток 29, подъемных пружин 3, пневматического привода 4 с опускающими пружинами 36, редукционного устройства 44. Основание токоприемника сварено из швеллерной стали и угольников. На нем установлены цилиндр 4 пневматического привода и редукционное устройство 44. Нижние рамы, выполненные из съемных конусных труб толщиной 2 мм и вала диаметром 89 мм, укреплены в основании. Трубы выполнены на конус для увеличения жесткости. Верхние рамы, представляющие конструкцию из тонкостенных труб, шарнирно соединены с нижними рамами и несут на себе клещеобраз-

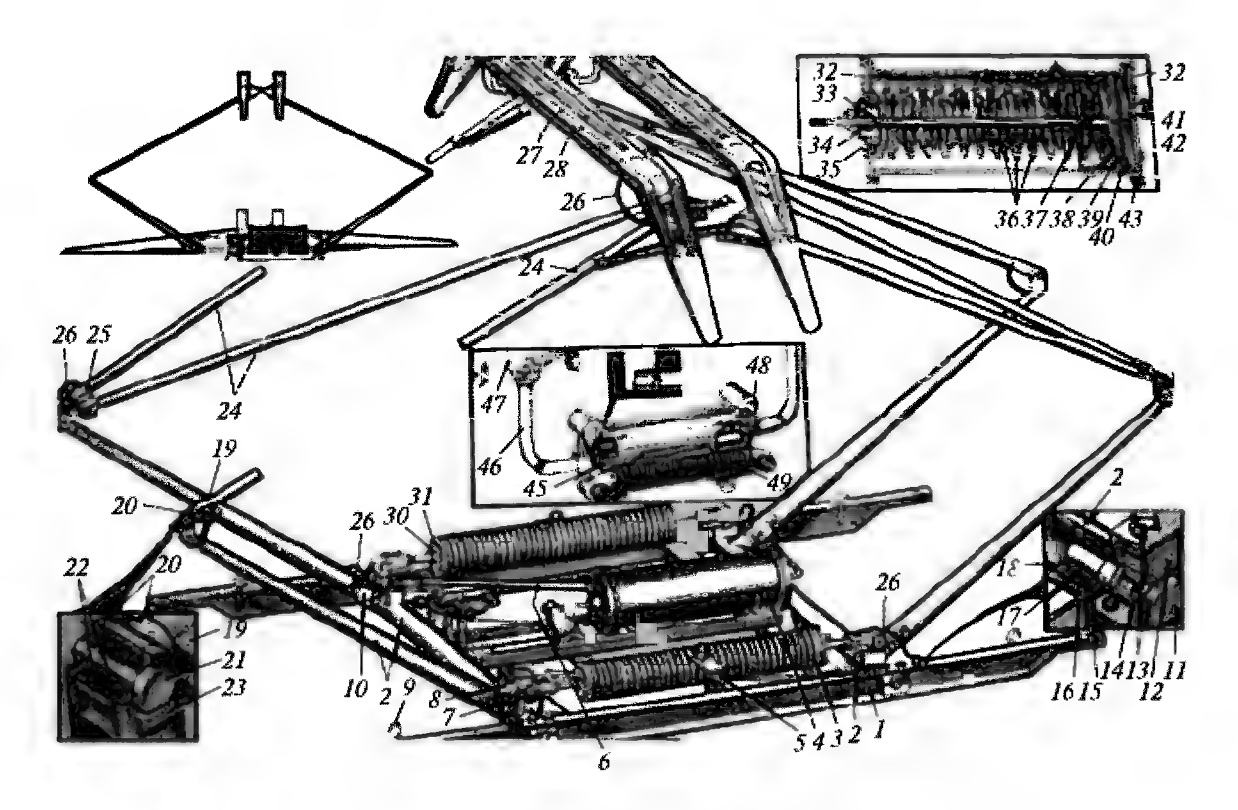


Рис. 39. Токоприемник П-5:
1 — основание; 2, 24 — нижняя и верхняя рамы; 3 — подъемная пружина; 4 — цилиндр пневматического привода; 5 — амортизатор; 6 — тяга; 7 — шарнир; 8 — держатель; 9 — транспортировочный крюк; 10 — скоба; 11 — нижний хомут; 12 — верхний хомут; 13 — болты; 14 — шайба; 15 — передняя крышка подшипника; 16 — гнездо подшипника; 17 — подшипник; 18 — задняя крышка подшипника; 19 — хомут верхней рамы; 20 — шарнир; 21 — валик; 22 — подшипники подвижных рам; 23 — планка; 25 — двойной хомут верхней рамы; 26 — гибкий шунт; 27 — полоз; 28 — токосъемная накладка; 29 — каретка; 30 — гайка; 31 — пружинодержатель; 32 — крышка пневматического привода; 33 — шток; 34 — чехол; 35 — упор пружины пневматического привода; 36 — опускающие пружины; 37 — ось; 38 — поршень; 39 — манжета; 40 — нажимная шайба; 41 — штуцер; 42 — болт крышки пневматического привода; 43 — прокладка; 44 — редукционное устройство; 45 — основание каретки; 46 — рычаг каретки; 47 — кронштейн; 48 — ось каретки; 49 — пружина каретки

ного вида каретки, на которых укреплены два полоза. Токоприемник поднимается при подаче в цилиндр привода сжатого воздуха. Поршень 38 сжимает опускающие пружины 36, расположенные в цилиндре 4, и подъемные пружины 3 срабатывают. Шарнирно связанные с подъемными пружинами нижние рамы поворачиваются и обеспечивают подъем верхних рам совместно с каретками 29 и полозами 27. Синхронизация поворота валов нижних рам

обеспечивается тягами 6, которые шарнирно укреплены в ушках валов нижних рам.

В рабочем диапазоне высоты подъема полозов токоприемника опускающие пружины, находящиеся в цилиндре привода, полностью сжаты, и нажатие полоза на контактный провод определяется только усилием подъемных пружин. При выпуске сжатого воздуха из цилиндра опускающие пружины, разжимаясь, компенсируют действие подъемных пружин и опускают токоприемник. Контактное нажатие регулируют изменением натяжения подъемных пружин, вращая их на держателях 8; высоту наибольшего подъема — специальной гайкой на пневматическом приводе, ограничивающей ход штока поршня.

Время подъема и опускания токоприемника регулируют редукционным устройством, которое состоит из крана и воздухораспределителя. Ручка крана тягой связана с рычагом штока пневматического цилиндра. Изменяя болтами длину тяги и угол поворота валиков тяги, регулируют опускание токоприемника. Удлиняя тягу, ускоряют, а укорачивая тягу, замедляют опускание токоприемника.

Подъем токоприемника регулируют специальным винтом воздухораспределителя. При опущенном токоприемнике кран редукционного устройства перекрыт и воздух в цилиндр 4 попадает через регулируемое отверстие воздухораспределителя; токоприемник поднимается медленно. Рычаг при движении перемещает ручку крана, который открывается после прикосновения полозов к контактному проводу.

При опускании токоприемника воздух из цилиндра выходит через кран. Происходит быстрое опускание токоприемника, однако, пройдя наименьшую рабочую высоту, кран перекрывается, воздух выходит через регулируемое отверстие и токоприемник плавно опускается на амортизаторы.

При разборке токоприемника сначала ослабляют подъемные пружины во избежание опасности удара при самопроизвольном подъеме. Каретки с полозами удерживаются в горизонтальном положении четырьмя оттяжными пружинами, которые дают возможность некоторого поворота всего верхнего узла вокруг поперечной оси токоприемника. Каждый полоз может самостоятельно поворачиваться на 5–7° относительно его продольной оси. Проверку высоты, нажатия и времени подъема и опускания токоприемника

производят при пуске электровоза в эксплуатацию и при каждом техническом обслуживании ТО-2 и текущих ремонтах. Для лучшего токосъема нажатие полозов на контактный провод при различной высоте его подвески должно оставаться постоянным. Однако в действительности при скольжении токоприемника по снижающемуся контактному проводу сила нажатия больше, чем при скольжении по поднимающемуся контактному проводу. При неподвижной раме токоприемника сила нажатия определяется как разность между приведенной к полозу токоприемника силой действия подъемных пружин и весом подвижных частей. Движение рамы вниз (при снижающемся контактном проводе) сопровождается появлением сил трения в шарнирах и подшипниках, а также сил инерции подвижных частей токоприемника. Эти силы действуют против направления перемещения рам, то есть вверх, увеличивая нажатие полозов на контактный провод. При подъеме рамы эти силы действуют против силы, создаваемой подъемными пружинами, уменьшая нажатие. Чтобы уменьшить отклонение сил нажатия на контактный провод, снижают силы трения в шарнирах, используя шариковые и игольчатые подшипники, и снижают массу подвижных частей токоприемника, выполняя ее из тонкостенных труб, обладающих достаточной прочностью при наименьшей массе, и используя работу каретки, обладающей значительно меньшей массой по сравнению с рамами токоприемника.

Таким образом, при небольших, но резких изменениях высоты контактного провода, особенно при высоких скоростях движения, рама токоприемника не успевает среагировать, но полозы не отрываются от провода за счет подъема или опускания механизма каретки. Большие изменения высоты контактного провода, например при подходе к станциям, где провод подвешивают выше, делают плавными, причем при скоростном движении расстояние изменения высоты подвески увеличивают. В этом случае рамы токоприемника успевают изменить свое положение. Нажатие полозов на контактный провод в статическом состоянии определяют динамометром при поднятом токоприемнике и перемещении рам вниз и вверх.

Зависимости силы нажатия от высоты токоприемника (рис. 40) называют его статическими характеристиками. Разница в силах между кривыми, изображенными на рис. 40, при опускании и подъ-

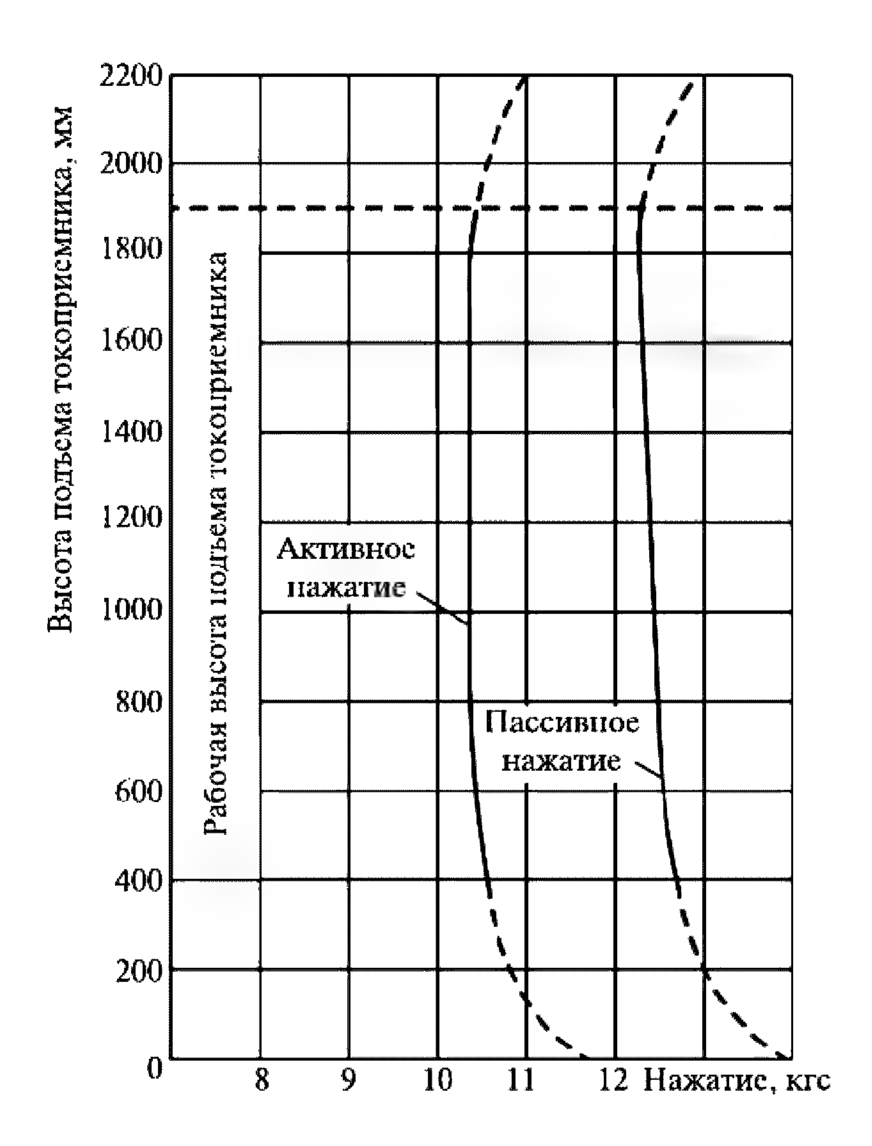


Рис. 40. Статические характеристики токоприемника

еме характеризует удвоенные силы трения в подшипниках и шарнирах подвижных частей токоприемника. Статическая характеристика — это зависимость силы нажатия полоза на контактный провод от высоты подъема токоприемника $P = P_0 \pm P_т \pm P_э \pm P_д$,

где P_0 — сила, создаваемая подъемными пружинами;

$P_т$ — сила трения в шарнирных соединениях;

$P_э$ — сила действия воздушных масс на токоприемник при движении электровоза;

$P_д$ — динамическая сила, возникающая при движении токоприемника вверх или вниз при изменении высоты подвески контактного провода;

$P_1 = P_0 - P_т$ — при подъеме;

$P_2 = P_0 - P_т$ — при опускании.

Статическая характеристика токоприемника определяется, соответственно, при подъеме минус и при опускании плюс, силой, создаваемой подъемными пружинами, и силой трения в шарнирных соединениях. Исходя из этого можно сказать, что статическое нажатие токоприемника представляет собой нажатие неподвижного токоприемника на контактный провод, которое создается подъемными (рабочими) пружинами.

Идеальным было бы, если бы статическое нажатие токоприемника оставалось постоянным при всех высотах полоза. Однако в существующих конструкциях имеет место некоторая зависимость от направления движения полоза (вверх или вниз), поскольку при подъеме это нажатие уменьшается за счет сил трения в шарнирах подвижной системы, а при опускании — увеличивается. Поэтому при любой высоте токоприемника пассивное статическое нажатие (измеренное при опускании токоприемника) больше активного нажатия (измеренного при подъеме) на удвоенное значение силы трения в шарнирах.

Токоприемник работает в сложных условиях. Он подвержен воздействию атмосферных явлений (дождь, снег, ледообразование, ветер). Значительная скорость ветра, гололед, низкая температура окружающего воздуха вызывают ухудшение токосъема и являются иногда причинами задержек в движении поездов и аварийных ситуаций — повреждений токоприемников и контактной сети. Наиболее опасным является боковой ветер, приводящий к большим поперечным смещениям контактного провода как в средних частях пролетов, так и в опорных зонах при сочлененных фиксаторах в случае, если не приняты меры к предотвращению выветривания их дополнительных стержней. На высоких насыпях, где боковой ветер, обтекающий насыпь и находящийся на ней подвижной состав, имеет в зоне контактного провода значительный наклон к горизонтали, происходит также некоторый подъем контактного провода и значительно возрастает аэродинамическая подъемная сила токоприемника. В результате в моменты прохождения токоприемником опорных точек отжатие контактного провода может оказаться настолько большим, что становится реальной возможность удара полоза по фиксаторам.

При ветрах, превышающих 25 м/с, локомотивные бригады должны принимать меры по предотвращению повреждений. Так, напри-

мер, при проходе ЭПС высокой насыпи, где профиль пути позволяет пройти ее на выбеге, следует снять нагрузку тяговых двигателей и вспомогательных машин и опустить токоприемники. После прохода высокой насыпи и снижения скорости движения токоприемники могут быть подняты.

Указанием ЦТ-844 от 03.08.2001 подъем токоприемников всех типов на электрифицированных участках постоянного и переменного тока разрешен при скорости движения до 70 км/ч. При сильном ветре, вызывающем раскачивание проводов контактной подвески, подъем токоприемника допускается при скорости не выше 30 км/ч. Одновременный подъем на ходу двух токоприемников на одном электровозе, а также трех при следовании сплоток электровозов не разрешается. В этом случае токоприемники следует поднимать поочередно с интервалом в 5 с.

Указанный порядок гарантирует полную безаварийность при подъеме токоприемников на ходу даже при вертикальной регулировке контактного провода, имеющей некоторые отступления от нормы. В отдельных случаях может оказаться, что токоприемники из-за большой аэродинамической подъемной силы не опустятся после нажатия кнопки, но контактное нажатие все-таки понизится после выхода сжатого воздуха из пневматического цилиндра на величину опускающей силы, создаваемой опускающей пружиной привода; поэтому опасность пробоя фиксаторов в этом случае уменьшается.

Появление гололеда на проводах подвески приводит к существенному ухудшению контакта — появляется искрение, заметно ухудшается рабочая поверхность полоза; при съеме больших токов на малых скоростях или работе вспомогательных машин на стоянке из-за увеличения переходного сопротивления иногда происходят пережоги контактного провода. Отложение льда происходит и на токоприемниках. В результате этого подвижная масса увеличивается, и статическое нажатие, создаваемое подъемными пружинами, уменьшается. По мере заполнения льдом межвиткового пространства подъемных пружин ухудшаются их упругие свойства, и статическое нажатие может уменьшиться до нуля.

Основным способом улучшения токосъема в рассматриваемых условиях является плавка гололеда путем сборки специальных схем питания и секционирования контактной сети. Менее производительной является механическая очистка проводов от гололеда.

Отрицательное влияние низких температур окружающего воздуха на качество токосъема обусловлено как ухудшением состояния контактной сети, которое проявляется прежде всего в появлении больших отрицательных стрел провеса контактных проводов в полукомпенсированных подвесках, так и ухудшением состояния токоприемников, заключающимся главным образом в увеличении трения в их подвижных системах. Для улучшения токосъема при низких температурах в некоторых депо в зимнее время увеличивается статическое нажатие токоприемников на 1–2 кгс.

Раздел 3. АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ

3.1. Автоматические выключатели. Общие сведения, типы, общее устройство. Быстродействующий выключатель БВП-5

Общие сведения. Быстродействующий выключатель, или, точнее, быстродействующий автоматический выключатель, служит для отключения (защиты) силовой цепи тяговых двигателей при их перегрузке или при коротких замыканиях, а также при повышении напряжения на зажимах тяговых двигателей выше установленной нормы.

Установившийся ток короткого замыкания зависит от напряжения источника тока (ртутно-выпрямительной установки или генератора на тяговой подстанции) и сопротивления цепи. Так как напряжение при электровозной тяге велико (достигает 4000 В), а сопротивление электрической цепи, особенно при нахождении электровоза вблизи тяговой подстанции, мало, то ток короткого замыкания может достигнуть значительной величины, опасной для тех аппаратов и машин, по которым он проходит. Однако установившейся (максимальной) величины ток короткого замыкания достигает не моментально вследствие самоиндукции цепи.

Ток в начальный момент короткого замыкания нарастает значительно быстрее, чем в последующие моменты. С увеличением тока скорость нарастания все время падает, и кривая располагается более отлого. Чем больше величина самоиндукции цепи, тем ниже располагается вся кривая нарастания тока короткого замыкания, и, наоборот, — при уменьшении величины самоиндукции цепи кривая располагается выше. Величиной омического сопротивления цепи, а следовательно, и величиной установившегося тока короткого замыкания также определяется характер кривой нарастания тока.

Быстродействующий выключатель характерен тем, что он имеет такую скорость отключения, при которой ток короткого замыкания не успевает достичь своего максимума и вызвать большие повреждения аппаратов и машин от электрической дуги, возник-

шей в результате пробоя изоляции, переброса или, как последствие, кругового огня на коллекторе.

Время включения для каждого из выключателей можно разбить на три периода.

Первый период продолжается от момента начала короткого замыкания до момента достижения током величины, на которую отрегулировано отключение выключателей; этот период — общий для обоих типов выключателей для заданной кривой нарастания тока короткого замыкания.

Второй период продолжается от момента достижения током отключающей величины до начала расхождения контактов и называется собственным временем выключения; длительность этого периода зависит в основном от механических характеристик того или иного типа автомата — силы пружины, инерции частей, системы запора и передачи и пр.

Если собственное время обычных автоматических выключателей составляет несколько сотых секунды, то у быстродействующего выключателя собственное время составляет всего 0,002–0,005 сек. Это достигается тем, что у быстродействующего выключателя применены сильные выключающие пружины и выброшены все промежуточные сцепляющие механизмы и детали, такие как собачки, бойки и пр.

Третий период длится от момента начала расхождения контактов до момента полного гашения возникшей дуги; он называется временем дуги и зависит как от скорости расхождения контактов, так и особенно от конструкции и мощности дугогасящих устройств.

Для нормального автомата общее время выключения ttt=+$_t$ %–/ –t_3 составляет величину порядка 0,25–0,50 сек; за этот период ток короткого замыкания успевает достичь установившейся величины.

Для быстродействующего выключателя за счет сокращения главным образом собственного времени выключения общее время выключения колеблется в пределах 0,01–0,05 с, то есть процесс разрыва цепи наступает настолько быстро, что ток короткого замыкания не успевает достигнуть установившейся величины. Это значительно облегчает самый процесс отключения и гашения дуги, а также создает и более надежную защиту всех элементов цепи в отношении их термической и динамической прочности.

Быстродействующий выключатель БВП-5-002

Назначение: быстродействующий выключатель БВП-5-002 предназначен для разрыва силовой цепи и ее защиты от токов короткого замыкания.

Технические данные быстродействующего выключателя БВП-5-002:

Наибольший разрывной ток при напряжении 4000 В
и индуктивности 5–7 мГн, А 13 600
Ток продолжительного режима, А 1850
Номинальное напряжение, В 3000
Ток уставки, А .... 100 200 2500±
Номинальное давление воздуха в цилиндре, $кгс/см^2$ 5
Собственное время срабатывания, с 0,0015–0,003
Напряжение блокировочных контактов, В 50
Ток удерживающей катушки при 50 В (продолжительный
режим), А 1,18
Ток блокировочных контактов, А 10
Разрыв силовых контактов, мм 35–40
Нажатие силовых контактов, кгс, не менее 22
Разрыв блокировочных контактов, мм, не менее 4,5
Провал блокировочных контактов, мм 5–6,5
Нажатие блокировочных контактов, кгс 0,18–0,25
Линия соприкосновения силовых контактов, %, не менее 85
Площадь поверхности прилегания рычага якоря к полюсу
рамы, %, не менее 75
Число блокировочных контактов:
  замыкающих 1
  размыкающих 4
Зазор между левым рогом камеры и следом движения
подвижного контакта, мм 3–6
Наименьшее давление сжатого воздуха для нормальной
работы пневматического привода при напряжении
на зажимах вентиля и удерживающей катушки 30 В, $кгс/см^2$ 3,75
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания
изоляции в течение 1 мин, В:
  силовой цепи со снятой камерой 15000
  цепи управления 1500
Сопротивление изоляции между дугогасительными рогами
камеры, МОм, не менее 5
Масса, кг 228

Конструкция: быстродействующий выключатель БВП-5 (рис. 41, а) состоит из следующих основных узлов: рамы, основания, контактного устройства, пневматического привода, системы дугогаше-

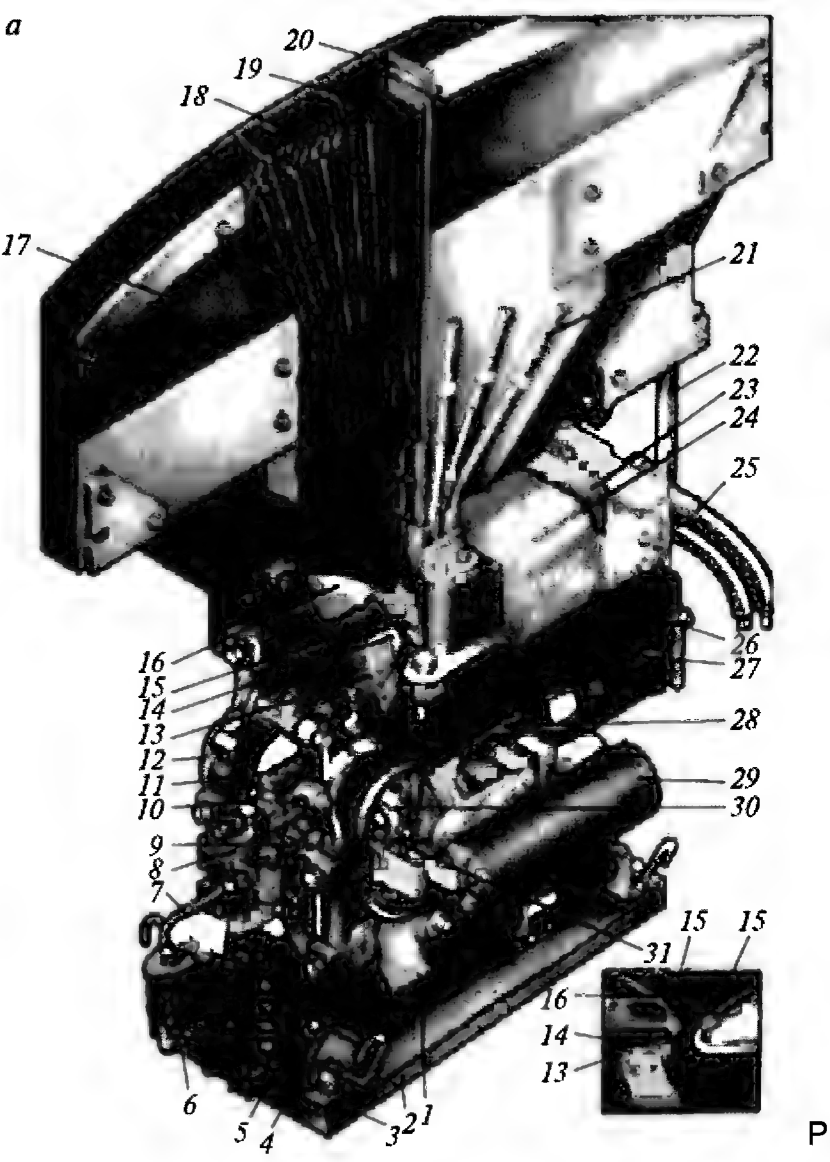


Рис. 41 а. Устройство БВП-5-02

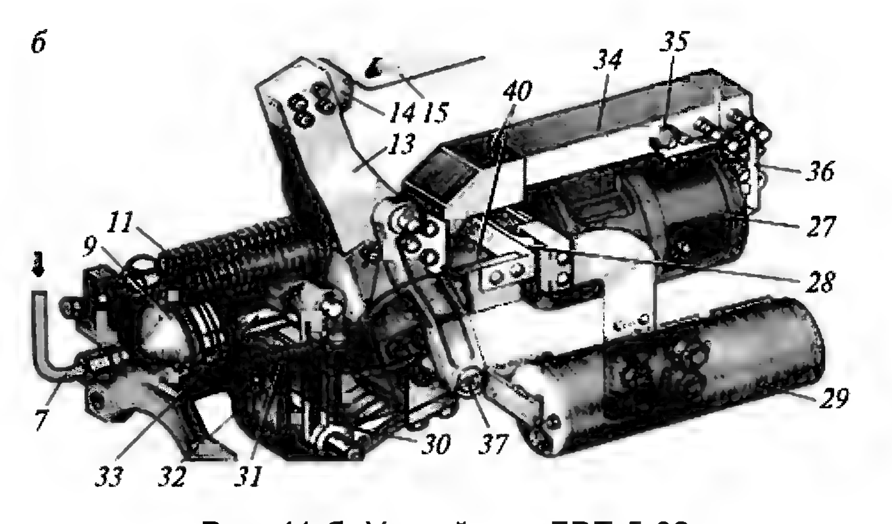


Рис. 41 б. Устройство БВП-5-02

ния, электромагнитного удерживающего устройства и блока вспомогательных контактов.

Корпус выключателя состоит из угольников 3, скрепленных двумя изоляционными стержнями 4, и рамы 1, состоящей из двух алюминиевых половин, связанных между собой болтами. Между рамами расположены магнитопровод с удерживающей катушкой 27; размагничивающий виток 28 с сердечником; рычаг якоря 37, на котором шарнирно укреплен контактный рычаг 13 с подвижным контактом, в средней части соединенный с двумя контактными пружинами 11, которые одновременно являются и выключающими; включающий рычаг 30 пневматического привода с возвращающими пружинами и цилиндр пневматический 8 с буфером для смягчения ударов рычага при выключении быстродействующего выключателя.

Параллельно размагничивающему витку включен индуктивный шунт 29 (рис. 41, б), состоящий из медной шины, на которую насажены диски из электротехнической стали. При коротком замыкании индуктивный шунт способствует срабатыванию выключателя при токе, меньшем тока уставки, в связи с чем повышается коммутационная способность аппарата.

Индуктивное сопротивление шунта больше индуктивного сопротивления цепи размагничивающего витка, поэтому при резком нарастании тока большая его часть проходит через размагничивающий виток быстродействующего выключателя, вызывая резкое уменьшение электромагнитных сил притяжения рычага якоря. Сверху на раме закреплена изоляционная плита 26, на которой укреплены неподвижный контакт и на пластмассовых изоляторах дугогасительная камера 17 с шихтованным магнитопроводом 23. В зоне контактов магнитопровод имеет веерообразные полюсы 21 для проведения магнитного потока через камеру. Между веерообразными полюсами помещается дугогасительная камера, состоящая из двух асбоцементных стенок 20 с вклеенными перегородками 19, которые образуют лабиринт. В верхней части камеры установлены деионные решетки 18. Для предотвращения от выпадания деионных решеток установлен держатель из стеклопластика. В нижней части камеры расположены дугогасительные рога 16, один из которых соединен с неподвижным контактом, другой — со стальным шарниром. Шарниром камера соединена с рамой выключателя. Для уменьшения входной щели дугогасительной камеры и

увеличения скорости прохождения электрической дуги установлена асбоцементная вставка.

При отключенном состоянии поршень 13, а следовательно, и ролик 3 под действием возвращающих пружин 12 занимают крайнее левое положение (рис. 42, а). Включение быстродействующего выключателя начинают с подачи напряжения на удерживающую катушку 9 для создания магнитного потока в магнитопроводе 8. Это производят включением кнопки кнопочного выключателя «Включение БВ1». Затем нажатием второй кнопки «Возврат БВ1» возбуждают электромагнитный вентиль, через который сжатый воздух поступает в цилиндр 1. Поршень 13 начинает перемещаться вправо. Вместе с ним перемещается вправо ролик 3, так как включающий рычаг 2 поворачивается по часовой стрелке, преодолевая действие возвращающих пружин 12. Ролик 3 нажимает на контактный рычаг 5 и поворачивает его относительно точки А против часовой стрелки до упора нижним концом в якорный рычаг (рис. 42, б). При дальнейшем движении поршня 13 и ролика 3 якорный и контактный рычаги поворачиваются относительно точки В, преодолевая действие пружин 4 до упора якоря 10 в полюсы магнитопровода 8 (рис. 42, в). В этом положении силовые контакты 6 и 7 еще не замкнулись, но якорь удерживается магнитным потоком удерживающей катушки. После отпускания кнопки «Возврат БВ1» и прекращения питания вентиля, через который подавался сжатый воздух в цилиндр 1, этот воздух из цилиндра выходит, а включающий рычаг 2 вместе с поршнем 13 и роликом 3 смещается влево, освобождая контактный рычаг 5, который под действием отключающих пружин 4 поворачивается относительно точки А по часовой стрелке до замыкания силовых контактов 6 и 7 (рис. 42, г). Следовательно, выключающие пружины 4 одновременно являются и контактными пружинами, создающими нажатие подвижного контакта на неподвижный.

Из процесса включения видно, что замыкание контактов быстродействующего выключателя происходит после выключения привода. Это делают для того, чтобы обеспечить срабатывание быстродействующего выключателя даже в том случае, когда он будет включен на короткое замыкание. Без такой связи между контактным и якорным рычагами быстродействующий выключатель включился бы при нажатии кнопки, подающей питание на вентиль, и

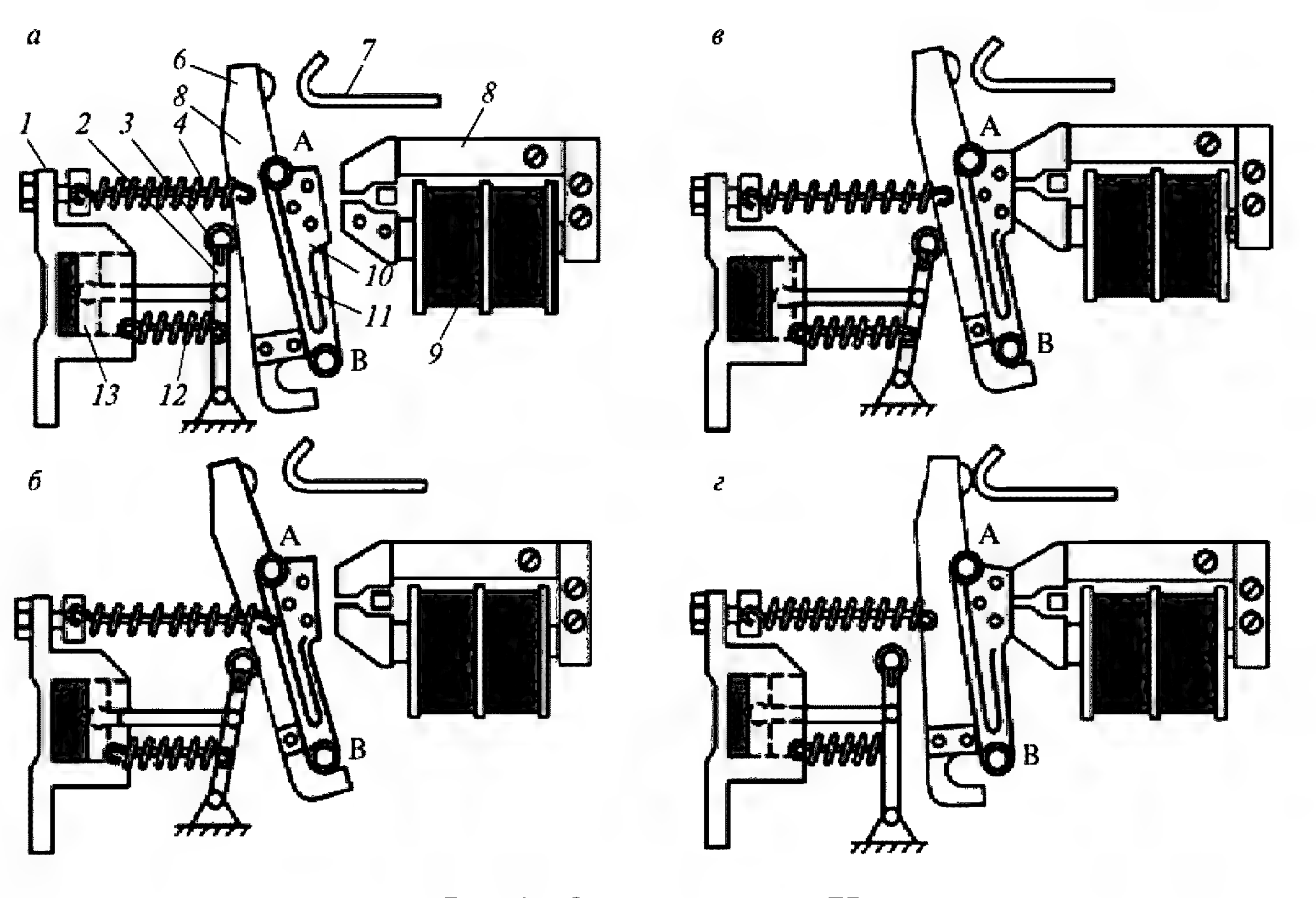


Рис. 42. Этапы включения БВ

в случае короткого замыкания в цепи он не мог бы отключиться до тех пор, пока не будет отпущена кнопка, ибо привод удерживал бы контакты в замкнутом положении.

Силовой контакт 16 (рис. 43) через дугогасительную катушку 17 соединен с цепью токоприемника. Силовой контакт 15, укрепленный на контактном рычаге 14, соединен с цепью тяговых двигателей. Это соединение осуществлено следующим образом: контактный рычаг 14 через гибкий шунт 3 связан с шиной, соединенной параллельно включенными размагничивающими витками 19 сердечника и индуктивным шунтом 2. Контактный рычаг 14 шарнирно связан с якорем 13, который скреплен с якорным рычагом 12. Система якорного и контактного рычагов под действием двух отключающих пружин 11 находится в выключенном положении.

На магнитопроводе 18 находится удерживающая катушка 1. Во включенном положении быстродействующего выключателя магнитный поток, наведенный этой катушкой (на рис. 43 этот поток показан сплошными линиями со стрелками), держит якорь 13 в притянутом положении, противодействуя пружинам 11. Если выключить удерживающую катушку, то магнитный поток в магнитопроводе 18

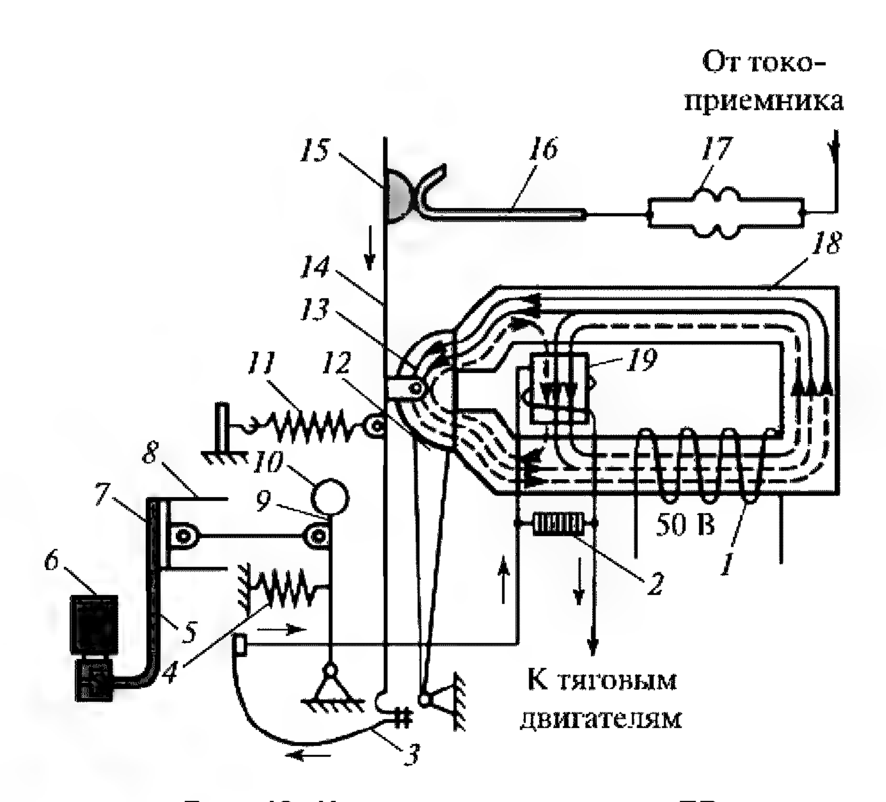


Рис. 43. Кинематическая схема БВ

будет уменьшаться, и под действием пружин 11 подвижная система с силовым контактом 15 перейдет в отключенное состояние.

Следовательно, якорь удерживается в притянутом положении за счет электромагнитных сил удерживающей катушки. Через сердечник замыкается часть магнитного потока, наводимого удерживающей катушкой. Размагничивающий виток включен в силовую цепь тяговых двигателей. Под действием тока силовой цепи размагничивающий виток наводит свой магнитный поток, замыкаемый с правой стороны через магнитопровод 18 и с левой стороны через якорь 13 (на рис. 43 этот поток показан штриховыми линиями). В правой части этот поток совпадает с магнитным потоком удерживающей катушки, а в зоне якоря направлен встречно и ослабляет его, размагничивая систему. При коротком замыкании в силовой цепи ток увеличивается, магнитный поток, наводимый размагничивающим витком, возрастает, размагничивая еще больше систему в зоне якоря. Магнитопровод в зоне якоря, якорь и сердечник размагничивающего витка шихтованные, они набраны из листов электротехнической стали для резкого снижения времени изменения магнитного потока, от которого зависит время срабатывания быстродействующего выключателя. Остальная часть магнитопровода — сплошной стальной сердечник, в котором из-за задерживающего действия вихревых токов магнитный поток изменяется медленнее. Если магнитный поток в зоне якоря уменьшается настолько, что сила отключающих пружин 11 окажется больше магнитных сил, то якорь 13 будет оторван от магнитопровода 18, рычаги 12 и 14 повернутся против часовой стрелки и силовые контакты 15 и 16 разорвут электрическую цепь. Быстродействующий выключатель срабатывает за ничтожное время из-за резкого уменьшения магнитного потока в зоне якоря, применения сильных выключающих пружин, отсутствия промежуточных звеньев между электромагнитной системой и контактами и малой массы подвижных деталей. Ускорению срабатывания способствует также индуктивный шунт 2, обладающий большой индуктивностью и малым омическим сопротивлением. Его включают параллельно размагничивающему витку. Когда по силовой цепи идет неизменный по значению ток, он разветвляется обратно пропорционально омическим сопротивлениям цепей. При возникновении короткого замыкания ток в цепи быстро увеличивается и наводит в размаг-

ничивающем витке и шине индуктивного шунта ЭДС самоиндукции, значение которой зависит от индуктивности цепи и степени изменения тока. Так как индуктивный шунт обладает значительно большей индуктивностью, чем размагничивающий виток, в нем наводится большая ЭДС самоиндукции, препятствуя прохождению тока. Через размагничивающий виток пройдет большая часть тока, вызывая ускоренное размагничивание магнитопровода в зоне якоря. При этом быстродействующий выключатель начнет раньше выключаться, уменьшая общее время разрыва цепи.

Быстродействующий выключатель БВП-5 автоматически за короткое время срабатывает при коротком замыкании только при определенном направлении тока — из контактной сети к пусковым резисторам и тяговым двигателям. Если электровоз работает в режиме рекуперативного торможения, а тяговые двигатели — в генераторном режиме, то при коротком замыкании в контактной сети ток пойдет от тяговых двигателей к токоприемнику. В размагничивающем витке он создает поток, который в зоне якоря будет усиливать магнитный поток удерживающей катушки, и отрыва якоря не произойдет. Быстродействующий выключатель в этом случае не сработает. Поэтому его называют поляризованным, то есть аппаратом, реагирующим на ток только определенной полярности.

Выключатель отключается также при разрыве цепи удерживающей катушки блокировочными контактами реле, включенными в ее цепь. Однако при этом время срабатывания из-за медленного уменьшения магнитного потока в сплошном (не шихтованном) магнитопроводе значительно возрастает по сравнению с автоматическим отключением под действием тока размагничивающего витка.

Итак, из вышеописанного можно сделать вывод, что для быстрого отключения БВ в его конструкции предусмотрено следующее.

1. Сильные отключающие пружины, вызывающие быстрое перемещение якоря.

2. Кинематическая схема БВ не имеет притирающего устройства.

3. Форма контактов и схема прохождения токов по БВ способствует быстрому расхождению контактов.

4. Наличие индуктивного шунта способствует быстрому нарастанию тока и вызывает отключение БВ.

5. Мощная дугогасительная система способствует быстрому гашению электрической дуги.

6. Магнитопровод магнитной системы БВ выполнен составным: якорь и полюсные наконечники магнитопровода выполнены из шихтованного железа, а остальная часть из цельнокованого железа. В результате этого при возникновении короткого замыкания и нарастающего тока в размагничивающем витке нарастающий магнитный поток большей частью будет проходить в зоне якоря, то есть там будет создаваться меньшее магнитное сопротивление.

7. Нарастающий магнитный поток размагничивающего витка, пересекающий проводники удерживающей катушки, наводит в ней ЭДС, которая направлена против приложенного напряжения в катушке, это приводит к уменьшению тока в удерживающей катушки и уменьшению магнитного потока.

Токовая диаграмма приведена на рис. 44. При возникновении короткого замыкания в цепи, содержащей индуктивность, ток возникает не мгновенно, а нарастает в течение некоторого времени, обычно — долей секунды, до достижения тока уставки, при котором автомат или быстродействующий выключатель начнет отключаться. Это время не зависит от аппарата, а определяется индуктивностью

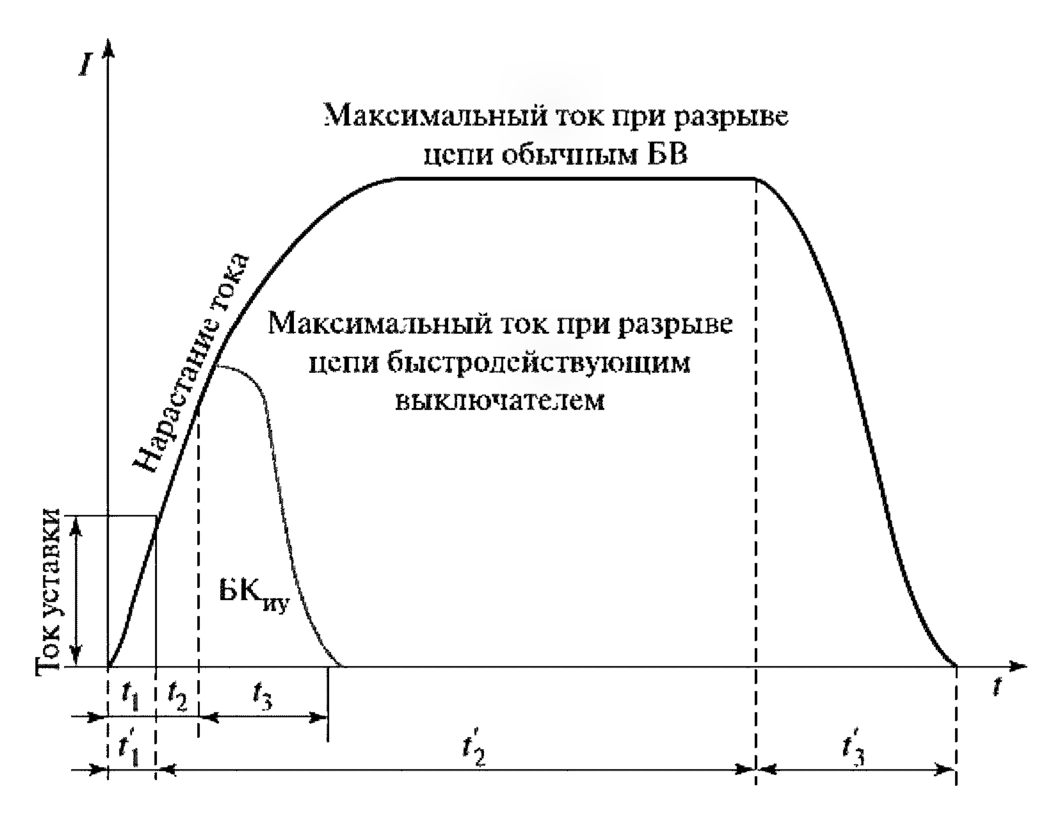


Рис. 44. Токовая характеристика

цепи. Время t_2 или $2t'$ от достижения тока уставки до момента расхождения контактов называется собственным временем срабатывания выключателя. Это время зависит от конструкции выключателя. У обычного автомата это время t_2 составляет сотые доли секунды, а у быстродействующего выключателя t_2 = 0,0015–0,003 с, то есть значительно меньше, чем у автомата. В течение времени t_3 или $3t'$ гасится дуга. Это время зависит от тока короткого замыкания и мощности дугогасительной системы выключателя. Общее время отключения тока у обычного автомата равно 0,25–0,5 с, а быстродействующего выключателя 0,01–0,05 с, то есть в 10–25 раз меньше. За счет этого быстродействующий выключатель разрывает ток раньше, чем он достигнет установившегося значения. В этом случае облегчаются разрыв цепи и гашение дуги.

3.2. Быстродействующий выключатель 12НС

Быстродействующий выключатель 12НС

Назначение: быстродействующий автоматический выключатель (БВ) служит для отключения (защиты) силовых цепей тяговых двигателей, вспомогательных машин и отопления при коротких замыканиях в них. Кроме того, БВ используют для отключения силовых цепей при перегрузке тяговых двигателей, чрезмерном повышении или понижении напряжения в контактной сети, неполных коротких замыканиях в силовых цепях тяговых двигателей и вспомогательных машин, сильном боксовании одной из колесных пар, перегрузке в цепи отопления вагонов состава.

Устройство и принцип действия. На электровозе ЧС2 установлен быстродействующий выключатель 12НС с пневматическим приводом. Он имеет несущую раму, автоматически контактное отключающее и дугогасительное устройство, пневматический привод, вспомогательные (блокировочные) контакты. По отношению к кузову («земли») токонесущие части высокого напряжения выключателя имеют двойную изоляцию, состоящую из четырех фарфоровых изоляторов 1 (рис. 45) и гетинаксовых изоляционных стенок 2. Вместе со стальной сварной рамой выключателя эти стенки образуют каркас для крепления всех остальных частей выключателя.

Контактное устройство состоит из неподвижного главного контакта 30, выполненного из медной шины толщиной 16 мм, к которой тремя винтами прикреплен медный контакт, и подвижно-

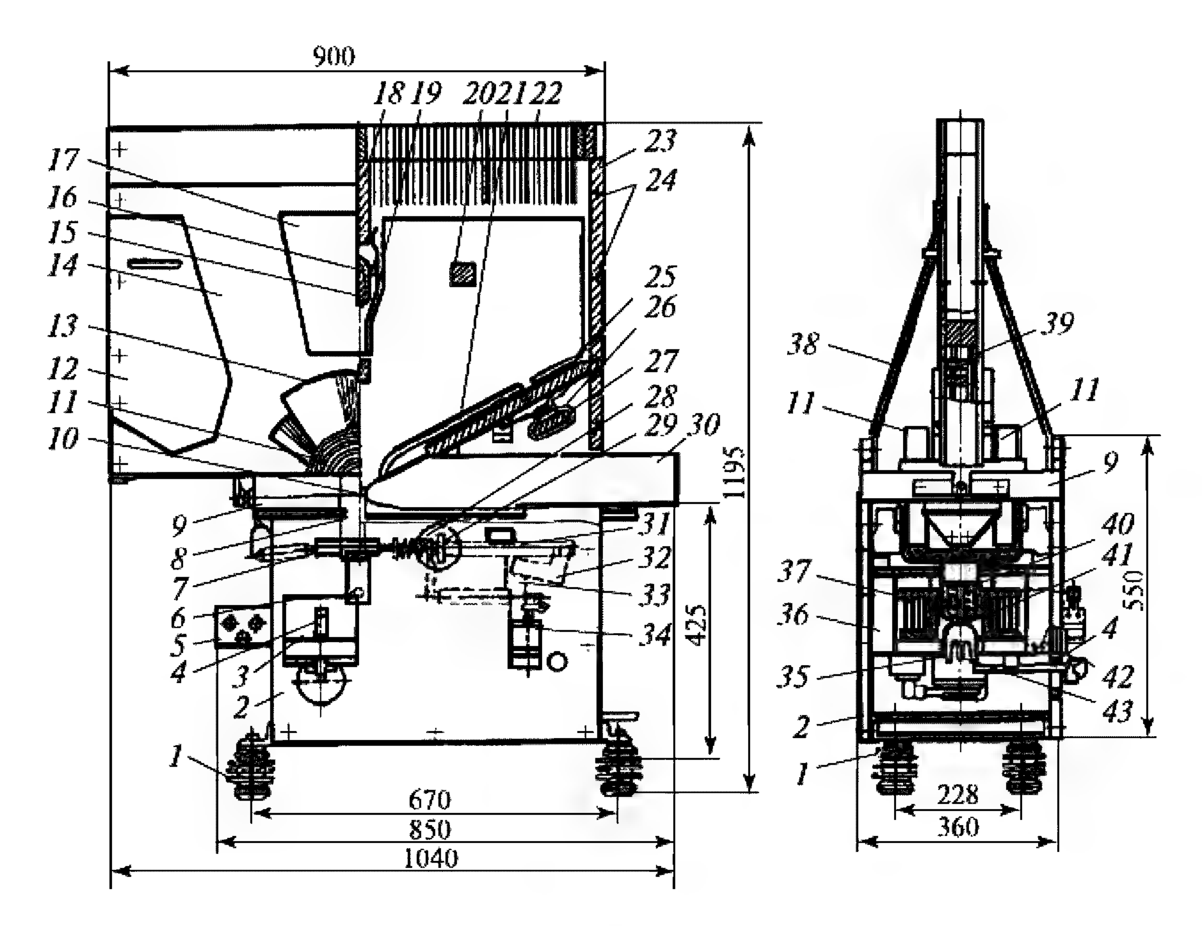


Рис. 45. Быстродействующий выключатель 12НС и его габаритные размеры

го главного медного контакта 10; последний может поворачиваться вокруг оси 6 и находиться под действием отключающей пружины, стремящейся разомкнуть контакты 10 и 30, то есть отключить БВ.

Для включения аппарата необходимо переместить текстолитовую тягу 31 в направлении неподвижного контакта 30 (вправо по рис. 45 и влево по рис. 46 и 47). При этом зубчатая тяга (защелка) 7 захватывается храповиком 8, сцепленным с подвижным контактом 10, и последний передвигается в сторону неподвижного контакта, т. е. главные контакты замыкаются. Пружины 28, регулируемые винтом 29, устанавливают необходимое нажатие между главными контактами. В отключенном состоянии подвижной контакт 10 удерживается пружиной 73. С подвижным контактом связаны четыре пары подвижных блокировочных контактов, помещенных в корпусе 34. Две пары контактов замыкают цепи при включенном БВ и две пары размыкают.

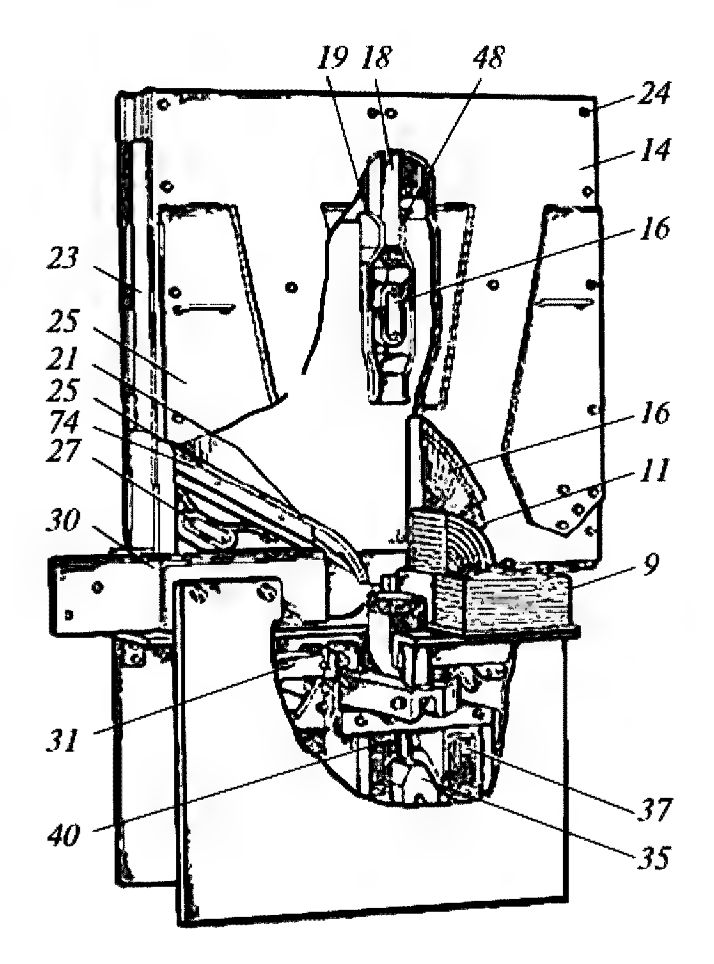


Рис. 46. Быстродействующий выключатель 12НС

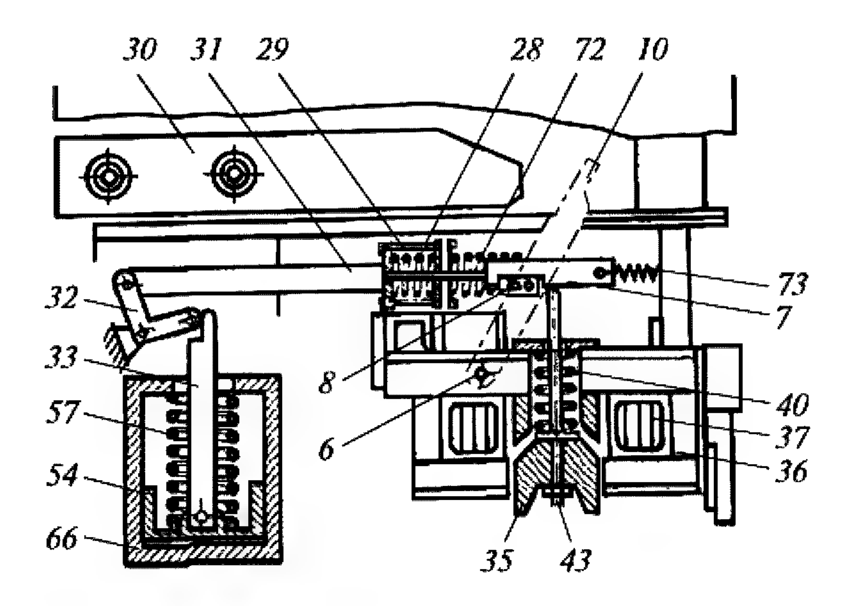


Рис. 47. Схема включающего и отключающего механизмов 12НС

Автоматическое отключающее устройство состоит из катушки 37, выполненной из 1^{3}Д витка шинной меди сечением 16×70 мм^2, якоря 35, магнитопровода 36 и расцепляющего механизма. Концы катушки 37 с одной стороны соединены с выводной шиной 5, а с другой — с дугогасительными катушками 11. На якорь 35 постоянно нажимает пружина 40, стремящаяся отвести его от сердечника 41 электромагнита. Воздушный зазор между якорем 35 и сердечником устанавливают винтом 43. Величиной этого зазора определяется ток катушки 37, при котором якорь, преодолевая нажатие пружины 40, притягивается к сердечнику. Значения тока уставки определяются положением якоря, который рычагом 42 связан со стрелкой 4. Положение стрелки 4 шкалы 3 указывает ток уставки.

По катушке 37 проходит ток силовой цепи электровоза. Когда величина этого тока превысит ток уставки БВ, якорь 35 поднимется вверх, регулировочный винт 43 вытолкнет зубчатую тягу (защелку) 7 из зацепления с храповиком 8. Подвижный контакт 10 под действием отключающей пружины 72 практически мгновенно (через 0,006 с) отойдет от неподвижного контакта 30.

БВ включается пневматическим приводом (рис. 48). Привод состоит из чугунного цилиндра 66 с внутренним диаметром 90 мм,

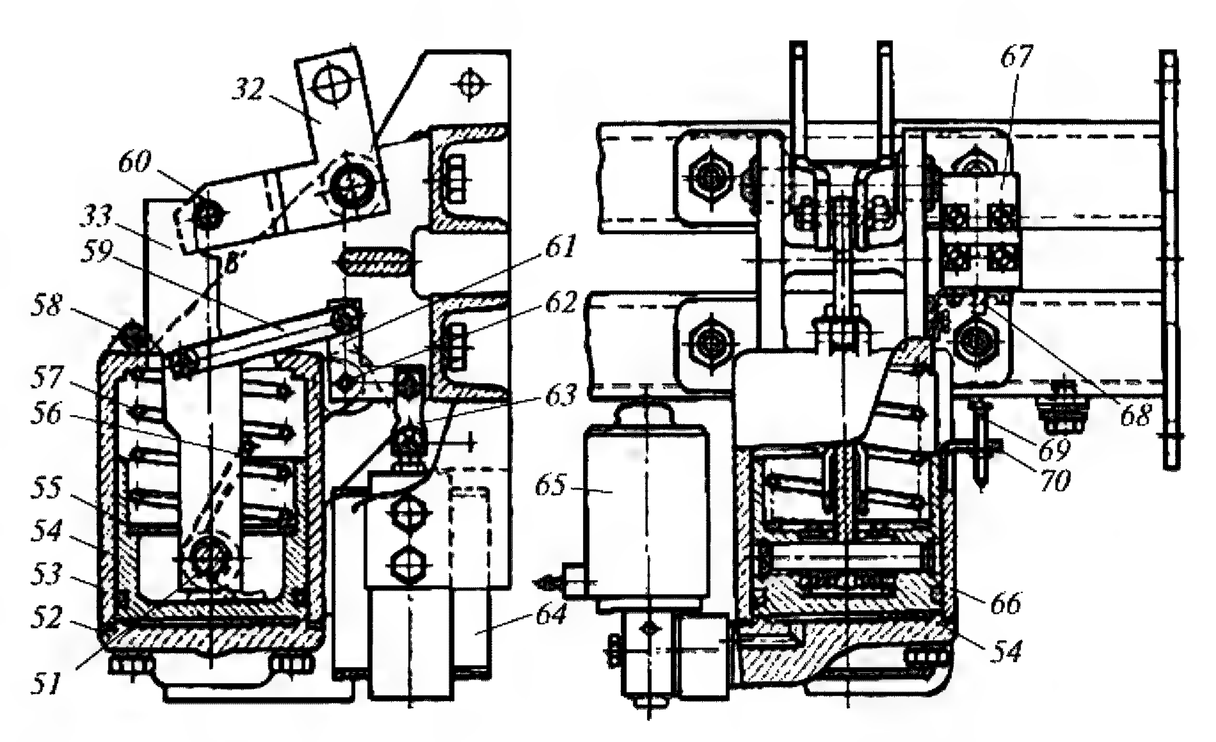


Рис. 48. Пневматический привод быстродействующего выключателя 12НС

закрытого снизу крышкой 52, имеющей канал для подвода и отвода сжатого воздуха. В цилиндре помещен поршень 54 с канавкой, в которую заложено уплотняющее резиновое кольцо 53. На поршень через шайбу 55 постоянно давит пружина 57, стремящаяся возвратить поршень в нижнее положение. В нижней части поршня укреплен валик 51, соединяющий поршень со штоком 33. Пружина 56, витки которой расположены вокруг валика 51, упирается своим нижним концом о дно поршня, верхним концом нажимает на шток 33 и стремится прижать его к ролику 58, ось этого ролика прикреплена к цилиндру 66. Над цилиндром 66 расположен двуплечий рычаг 32, на нижнем плече которого укреплен ролик 60, а верхнее плечо через шарнир и изоляционную (текстолитовую) тягу 31 при повороте рычага по часовой стрелке перемещает подвижный контакт к неподвижному.

В выключателе имеется механизм, состоящий из тяги 59, рычага 61, свободно посаженного на ось 62, тяги 63, соединенной с плунжером электромагнита 64. При возбуждении этого электромагнита шток 33 поворачивается по часовой стрелке и верхней частью прижимается к ролику 60 рычага 32.

К поршню 54 прикреплен кронштейн 70, в который ввернут болт 69, управляющий включением и выключением блокировочных контактов, расположенных в корпусе 67.

Впуск и выпуск сжатого воздуха в рабочую полость цилиндра привода производят электромагнитным вентилем 65 типа 8VZ.

При возбуждении катушки вентиля 65 сжатый воздух поступает под поршень 54 и, преодолевая усилие пружины 57, поднимает его вместе со штоком 33. Так как одновременно с возбуждением катушки вентиля возбуждается удерживающий электромагнит 64 — катушка его постоянно включена параллельно катушке вентиля, то шток 33 прижимается к ролику 60 и своим выступом В поворачивает рычаг 32 по часовой стрелке, то есть производит включение БВ.

Нормально поршень 54 имеет ход 38 мм. При перемещении поршня вверх болт 69 нажимает на штифт 68, с которым связаны четыре пары подвижных блокировочных контактов БВ. При отключении катушек электромагнита 64 и вентиля 65 шток 33 поворачивается против часовой стрелки и дает возможность под действием отключающих пружин 72 (см. рис. 46) отойти подвижному контакту от неподвижного, так как рычаг 32 при этом может свобод-

но поворачиваться против часовой стрелки. По мере выхода воздуха из цилиндра 66 поршень 54 вместе со штоком 33 под действием пружины 57 и собственного веса опускается вниз. Сделано это для того, чтобы время отключения БВ не было связано со временем выхода сжатого воздуха из цилиндра через каналы и электромагнитный вентиль 65.

Пневматический механизм установлен на двух консолях между изоляционными стенками 2. При отключении БВ между его главными контактами появляется дуга (рис. 49). Для ускорения процесса гашения дуги применено магнитное ее выдувание. Магнитное поле создается двумя параллельно включенными дугогасительными катушками 11, имеющими по пять медных витков (сечением 50×10 мм^2). Катушки с одной стороны через катушку 37 электромагнита соединены с внешней цепью (токоприемником), а с другой (внешними витками) — с подвижным контактом 10 с помощью гибких шунтов 44. По этим катушкам проходит весь ток силовой цепи электровоза, и образованный им магнитный поток замыкается по магнитопроводу 9 (рис. 50), башмакам 13, воздушному зазо-

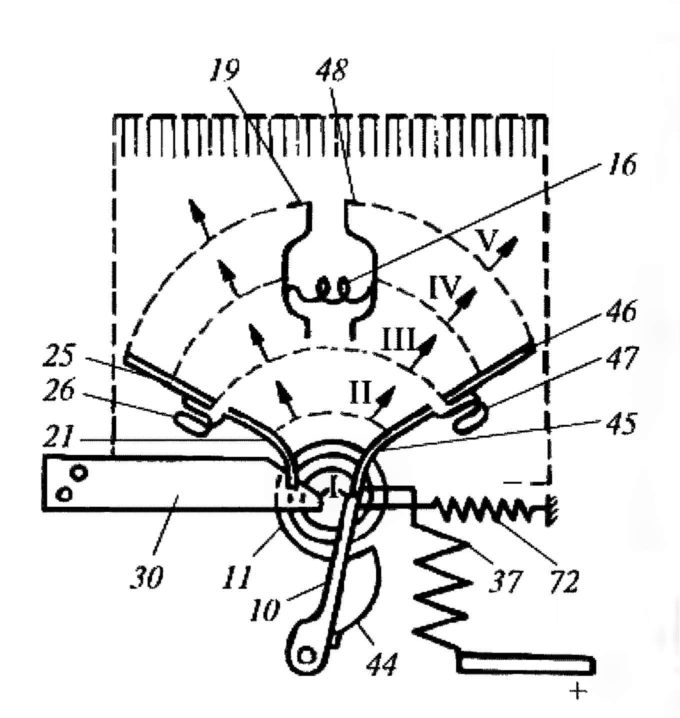


Рис. 49. Схема дугогашения выключателя 12НС

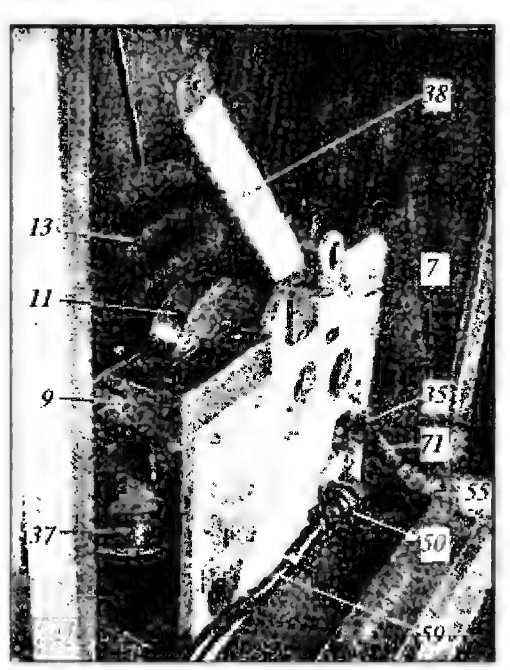


Рис. 50. Подвод проводов цепи управления и сжатого воздуха к быстродействующему выключателю

ру между боковыми стенками 14 и самим стенкам дугогасительной камеры. Башмаки выполнены из листов электротехнической стали, расположенных в виде веера. Под действием магнитного поля катушек 11 (см. рис. 49) дуга удлиняется и перекидывается на рога 21 и 45 (на рис. 49 эта стадия гашения дуги изображена линией II) и начинает двигаться по ним вверх.

Рог 21 соединен с неподвижным, а рог 45 — с подвижным контактами. После того как дуга растянется настолько, что она перекинется с нижней части рогов 21 и 45 на верхние изолированные от первых прямолинейные части — шины 25 и 46 (стадия III), ток начнет проходить по дополнительным дугогасительным катушкам 26 и 47, которые имеют по два витка. Образованный указанными катушками магнитный поток, замыкаясь через сердечник 27 (см. рис. 47 и 48), стальные накладки 12, воздушный зазор между стенками камеры и сами стенки, создает дополнительную силу, способствующую перемещению дуги вверх. При этом дуга встречает в дугогасительной камере дополнительные малые рога 19 и 48, соединенные между собой дугогасительной катушкой 16, внутри которой помещен сердечник 15 из электротехнической стали, а снаружи боковых стенок камеры расположены стальные накладки 17.

Малые рога укреплены в дугогасительной камере с помощью непроводящего ток стержня 18. При прохождении тока через катушку 16 (стадия IV) этой катушкой также создается магнитный поток, выдувающий дугу вверх и растягивающий ее (см. рис. 49). Когда дуга достигнет длины, при которой внешнее напряжение уже не может ее поддержать, она разрывается.

Дугогасительная камера состоит из боковых асбоцементных стенок 14, скрепленных между собой болтами 24. По краям камеры между стенками помещены асбоцементные бруски 23. Для уменьшения выхлопа пламени и ионизированных газов из дугогасительной камеры в верхней ее части установлена деионная решетка, состоящая из отдельных элементов 22.

При движении дуги вверх она охлаждается боковыми стенками, а также дополнительными вертикальными перегородками 39, расчленяющими ее на параллельные дуги, что также способствует ее лучшему охлаждению. Перегородки скреплены прокладками 20. Бруски 74, на которые помещены рога, изготовлены из микоплак-

са (спрессованный порошок слюды со связующим). Дугогасительная камера помещается между башмаками 13 так, что они соприкасаются со стенками 14 этой камеры. Дополнительным креплением камеры служат пружинящие пластины 38.

Многожильный кабель управления 49 присоединен к БВ с помощью многоконтактного штепсельного соединения 50.

Сжатый воздух к пневматическому механизму подведен резиновым шлангом 71, присоединенным к трубопроводу через кран 955.

Основные технические данные быстродействующего выключателя 12НС:

Номинальное напряжение, В	3000
Номинальный ток, А	2000
Пределы регулировки при автоматическом выключении, А	2000–3000
Ток уставки на электровозе ЧС2, А	2500±5%
Нажатие главных контактов, кгс	60 ±5%
Разрыв главных контактов, мм	26±10%
Натяжение отключающей пружины, кгс	65
Номинальное напряжение катушек электромагнитного вентиля удерживающей катушки электромагнита и блокировочных контактов, В	48
Число витков катушки удерживающего электромагнита	2350
Провод катушки, D, мм	0,8
Сопротивление катушки при 75° С, Ом	12,5
Давление воздуха для включения, кгс/см^2	35
Вес выключателя, кг	2132
Вес дугогасительной камеры, кг	72
Вес пневматического механизма, кг	20

3.3. Главный выключатель ВОВ-25-4М

Воздушный однополюсный выключатель ВОВ-25-4М

Назначение: воздушный однополюсный выключатель ВОВ-25-4М предназначен для оперативного отключения первичной обмотки тягового трансформатора электровоза от цепи токоприемников, а также для автоматического отключения при коротких замыканиях и перегрузках электрооборудования.

Выключатель смонтирован в специальном люке на крыше электровоза. Глубина погружения его частей под плоскостью крепления составляет около 100 мм. Части выключателя, расположенные на внешней стороне его корпуса, рассчитаны для работы на открытом воздухе, а расположенные внутри корпуса и под плоскостью

крепления — для работы в закрытом помещении. Выключатель соответствует требованиям ГОСТ 687-70, 688-67 и ТУ 16-520. 036-72.

Технические данные выключателя ВОВ-25-4М:

Номинальное напряжение, кВ .... 25+25%
Номинальный ток, А 400
Предельный ток отключения, А 10000
Сквозной ток короткого замыкания, А.. 25000
Номинальное давление сжатого воздуха в баке, кгс/$см^2$...................... 9
Диапазон рабочих давлений сжатого воздуха в баке, кгс/$см^2$......... 6–9
Мощность отключения:
номинальная в диапазоне рабочих давлений 6–9 кгс/$см^2$
МВ-А 250
при давлении 5–6 кгс/см2, МВ-А 125
при двукратном отключении без пополнения запаса воздуха
в баке выключателя и начальном давлении в нем не менее
8 кгс/$см^2$, МВ-А 250
то же при давлении не менее 7 кгс/см2, МВ-А..............................125
Пределы ступенчатого регулирования тока уставки
на промежуточном реле для автоматического
отключения, А 200–500
Точность тока уставки:
до 350 А .... ±10%
свыше 350 А .... ±5%
Собственное время автоматического отключения
от промежуточного реле:
при двукратном токе срабатывания, не более, с............................ 0,04
при токе, равном 130% тока срабатывания, не более, с 0,06
Собственное время отключения от электромагнита
переменного тока в цепях специальной защиты, с........................... 0,05
Номинальное напряжение постоянного тока цепей
управления, В 50
Допустимые пределы изменения номинального напряжения
в цепях управления, В 65–120
Допустимая продолжительность электрического импульса
на электромагнит включения, не более, с 5
Ток, потребляемый включающим электромагнитом
при напряжении 50 В, А 2,35
То же отключающим электромагнитом удерживающего типа
при напряжении 50 В, А 0,142
Давление, при котором срабатывает автомат минимального
давления:
на замыкание контактов, кгс/$см^2$.. 5,8–0,2
на размыкание контактов, кгс/$см^2$.. 4,8–0,2

Число блок-контактов:
  замыкающих 3
  размыкающих 3
Масса выключателя, кг.. 200
Масса высоковольтного трансформатора тока, кг 48
Диапазон рабочих температур, °С .... от +60 до −50

Конструкция. Опорной конструкцией выключателя (рис. 51 и 52) является силуминовый корпус 66. Уплотнение между корпусом 66 и установочной площадкой крыши обеспечено резиновым шнуром 67, закладываемым в паз корпуса 66. К одной из стенок корпуса 66 прикреплен с помощью патрубка воздушный резервуар 1 емкостью 32 л. Из резервуара 1 в корпус 66 выведена трубка 2 для спуска сжатого воздуха и конденсата. Трубка 2 оканчивается в корпусе 66 штуцером 62 с внутренней резьбой труб. К этому штуцеру подключена отводящая труба с запорным вентилем.

Над корпусом 66 установлены воздухопроводный изолятор 46, дугогасительная камера 52, нелинейный резистор 65, разъединитель 58 и поворотный изолятор разъединителя 60 (см. рис. 51).

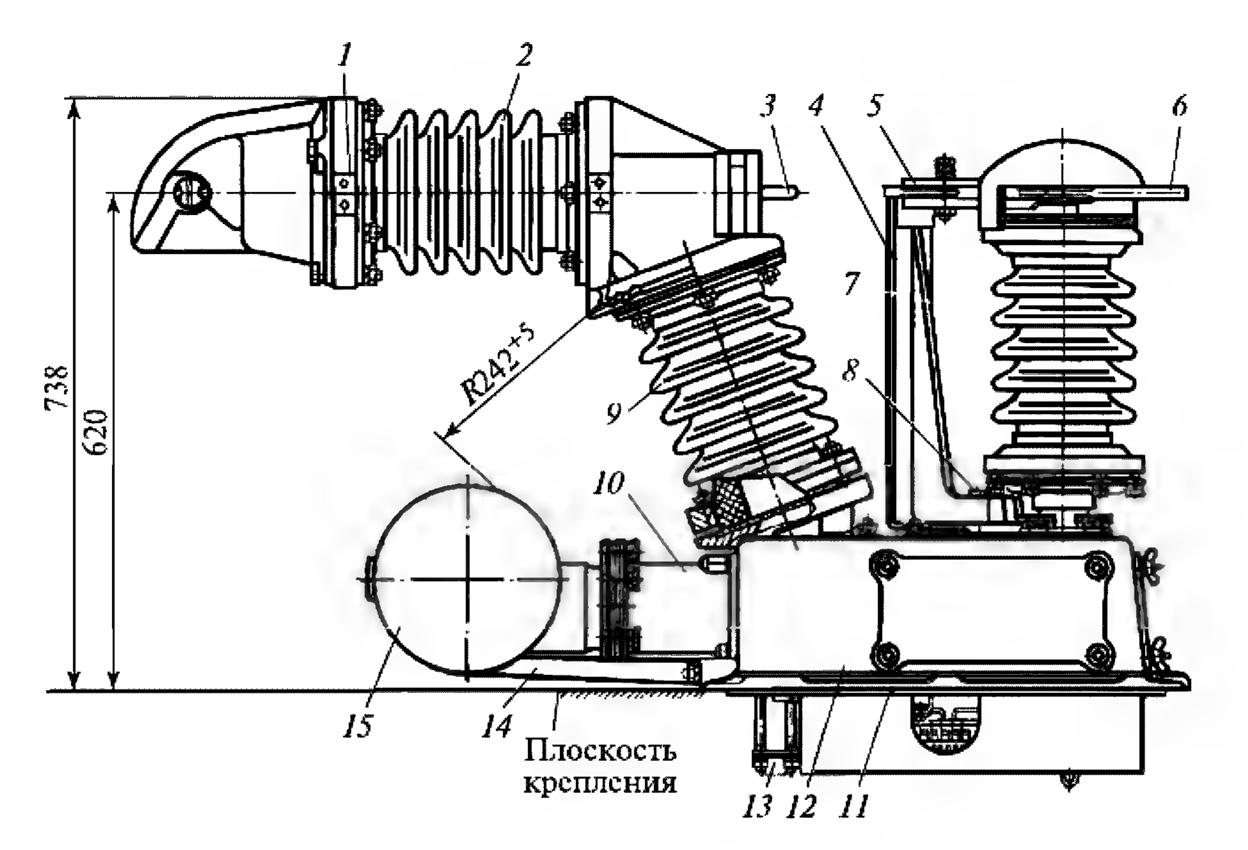


Рис. 51. Общий вид выключателя ВОВ-25 4М

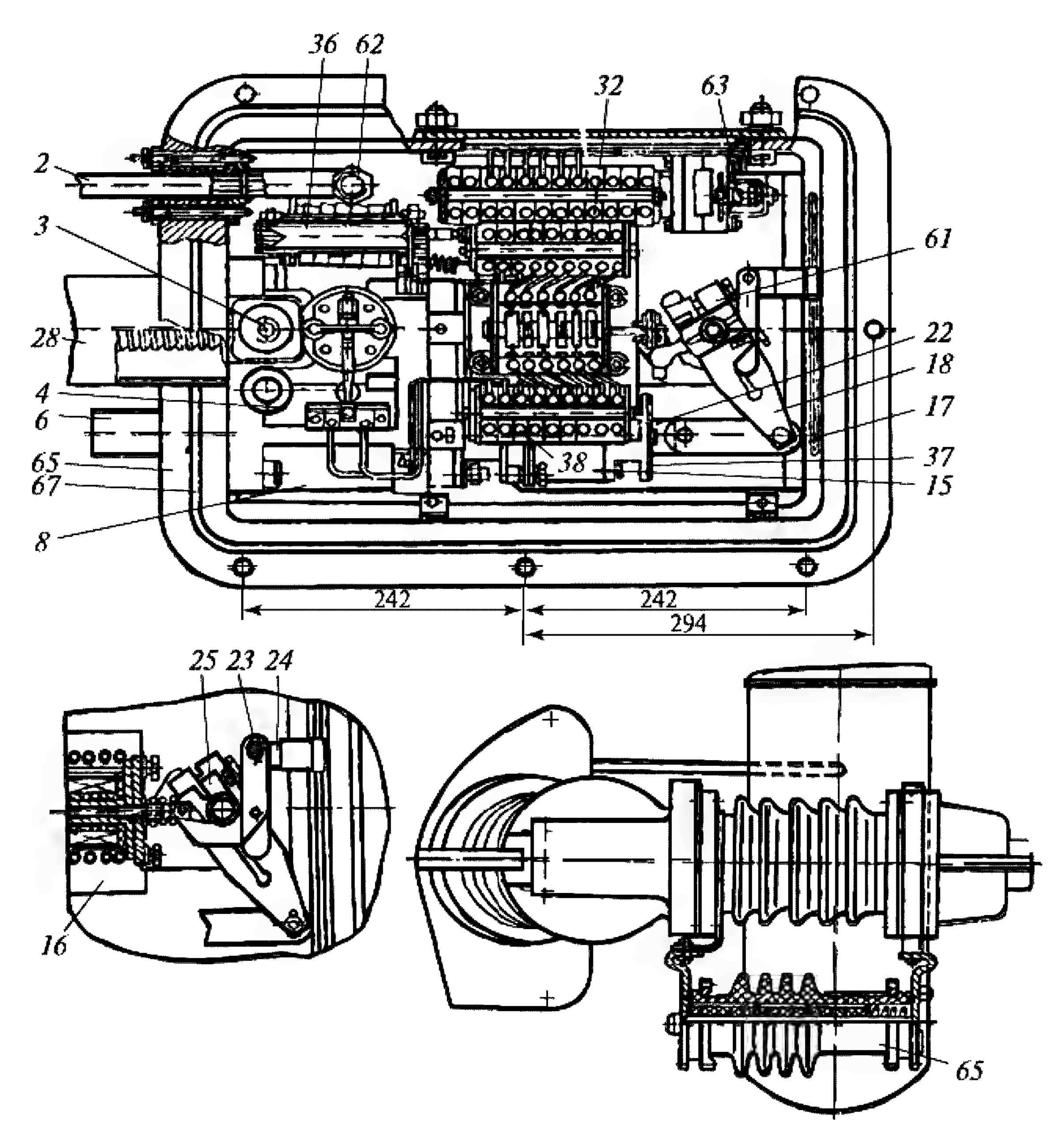


Рис. 52. Вид сверху на дугогасительную камеру и нелинейный резистор ВНКС-25М

Между ножами разъединителя шарнирно укреплен вывод 59, предназначенный для присоединения выключателя к высоковольтной сети.

Вторым выводом выключателя служит фланец 49 дугогасительной камеры 52.

Начиная с электровоза ВЛ80М11, для ограничения перенапряжений при отключениях дугогасительные контакты выключателя

шунтированы высоковольтным нелинейным керамическим резистором ВНКС-25М.

На корпусе 66 закреплен заземляющий кронштейн 57 для заземления ножа разъединителя в отключенном положении выключателя. На кронштейне 57 есть болт 45 для присоединения заземляющей шины. Заземлять корпус выключателя иным путем запрещено.

Внутри корпуса 66 смонтированы механизмы управления выключателя: блок 9 (см. рис. 52) главного клапана и привода, клапан отключения 14, клапан включения 13, включающий электромагнит 15 (см. рис. 52 и 53), отключающий электромагнит удерживающего типа 16, отключающий электромагнит переменного тока 36, блокировочно-сигнальный аппарат 38, автомат минимального давления 4, панели зажимов 37, промежуточное реле 63. В корпусе 66 (см. рис. 51) также расположены штуцеры 3 (см. рис. 52 и 53) для подсоединения питающего воздухопровода и 5 для трубки с манометром, имеющие внутреннюю резьбу трубки.

Токоведущий контур камеры образован неподвижным контактом 56 (рис. 53, рис. 54), который служит и контактом разъединителя; цилиндром 54, спаянным с трубой 53, оканчивающейся гибкими ламелями 51; подвижным дугогасительным контактом 43, связанным штоком с поршнем 44; дугогасительным контактом 50, в котором устроено сопло; патрубком 42, фланцем 49, к которому подключена ошиновка. В патрубок 42 встроен ограничитель дуги 41, оканчивающийся тугоплавким наконечником. К фланцу 49 прикреплен корпус 48 с выхлопным клапаном 40 и демпфером 39 для смягчения удара.

Все контактные поверхности токоведущего контура покрыты слоем серебра с целью обеспечения надежного электрического контакта.

Контактное усилие между дугогасительными контактами составляет приблизительно 45 кгс; это усилие создает пружина 47 при вжиме контакта 43 на 8 мм. Вжим создают ввинчиванием патрубка 42. Для смягчения ударов поршня 44 при его перемещении в крайнее правое положение предусмотрен демпфер 55, набранный из резиновых и стальных шайб.

Принцип действия главного выключателя ВОВ-25-4М.

Операция включения. Перед операцией включения выключателя необходимо поднять давление сжатого воздуха в баке не ме-

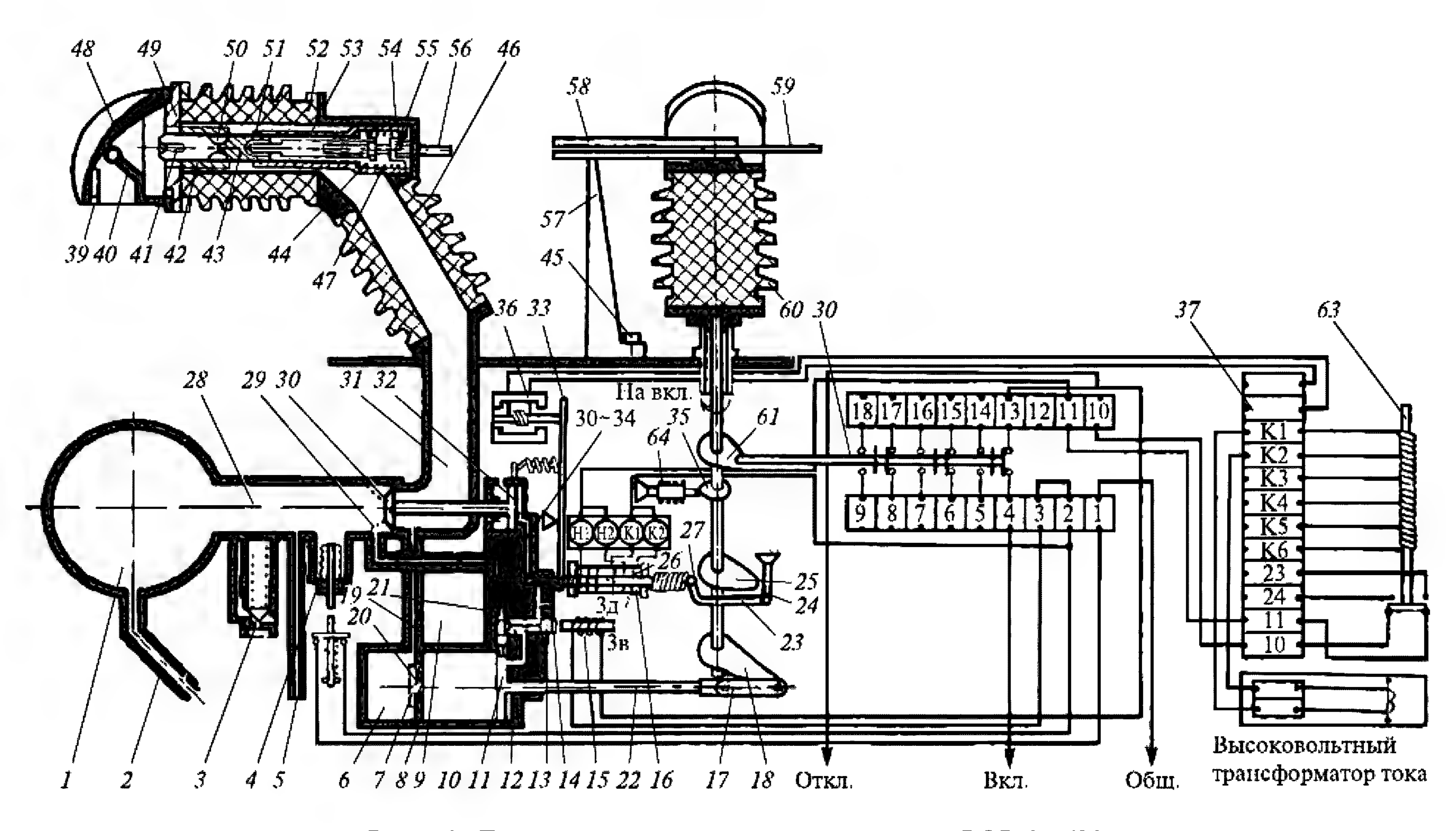


Рис. 53. Принципиальная схема выключателя ВОВ-25-4М

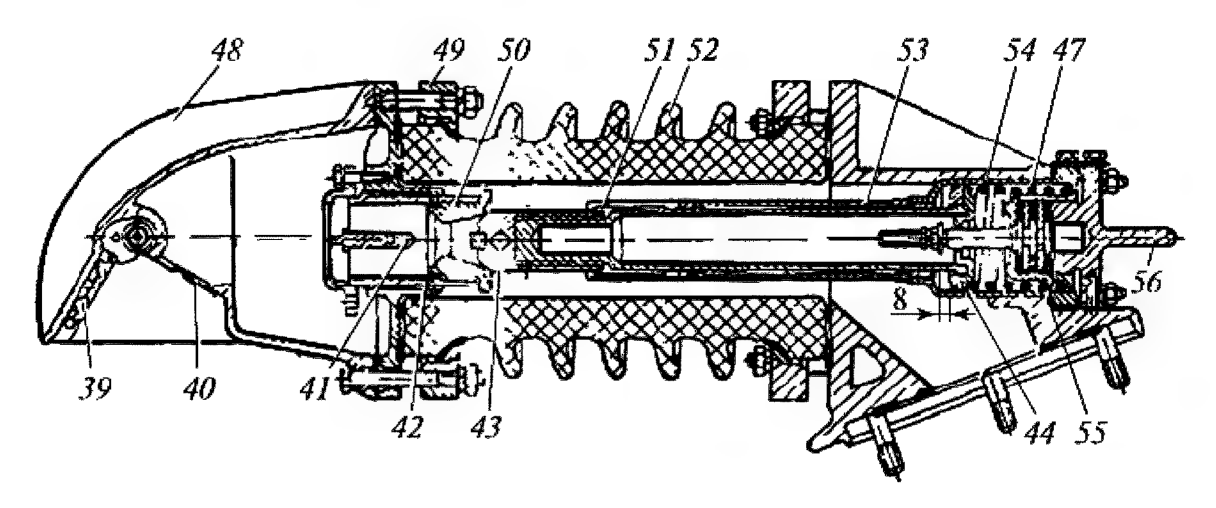


Рис. 54. Дугогасительная камера

нее чем до 6 кгс/см². При этом блок-контакты автомата минимального давления 4 (см. рис. 52 и 53) замкнутся и подготовят общую цепь управления. В отключенном положении выключателя контакты 50 и 43 дугогасительной камеры замкнуты (они размыкаются только на короткий период гашения дуги при отключении), поэтому для включения выключателя достаточно включить его разъединитель.

Операция включения начинается действием включающего электромагнита 15 постоянного тока напряжением 50 В. Цепь катушки этого электромагнита заведена через контакты сигнально-блокировочного устройства 38. При подаче на катушку электромагнита 15 оперативной команды на включение его сердечник втягивается и штоком открывает пусковой клапан 13, вследствие чего сжатый воздух из патрубка 28 по каналам 10 и 12 устремляется в цилиндр 8 и перемещает в крайнее левое положение поршень 1. Этот поршень с помощью штока 22, тяги 17 и рычага 18 поворачивает вал 35, изолятор 60 и разъединитель 5 на угол 60°. Ножи разъединителя при этом замыкаются с неподвижным контактом 56. В конце поворота вала 35 рычаг 61 поворачивает вал сигнально-блокировочного устройства 38, контакты которого прерывают цепь включающего электромагнита 15. Сердечник электромагнита возвращается в исходное положение, и пусковой клапан 13 закрывается. При закрытом клапане сжатый воздух из цилиндра привода через каналы 12 и 21 выходит в атмосферу. На этом операция включения заканчивается.

При повороте вала рычаг 25, сидящий на валу, с помощью звеньев 24 и 23 освобождает от натяжения заводную пружину 27 электромагнита 16, и сердечник этого электромагнита в дальнейшем удерживается во втянутом положении, если катушка электромагнита находится под током. Если же после включения выключателя катушка удерживающего электромагнита 16 окажется почему-либо обесточенной, начнется немедленно операция отключения. Звонковая работа выключателя (чередование операций включения и отключения) предотвращается в этом случае специальной релейной цепью, входящей в общие цепи управления электровозом. Ограничение скорости движения подвижных частей при включении выключателя происходит благодаря компрессии воздуха с левой стороны поршня 11 и наличию клапана 7 в цилиндре привода.

3.4. Быстродействующий контактор БК-78Т

Назначение: быстродействующий контактор БК-78Т предназначен для защиты цепей тяговых электродвигателей от токов короткого замыкания в режиме рекуперативного торможения.

Технические данные контактора БК-78Т:

Предельный отключаемый ток при индуктивности цепи 10 мГн и шунтировании главных контактов сопротивлением 20 м, А 2500
Номинальное напряжение, В 3300
Наибольшее напряжение, В 4000
Номинальный ток силовых контактов, А 1000
Ток отключения (уставка), А 35–50
Номинальное напряжение цени управления, В 50
Номинальный ток блокировочных контактов, А 6
Разрыв силовых контактов при исходном положении якоря, мм 9–12
Длительность включения катушки защелки электромагнита, не более, мин 0,5
Разрыв силовых контактов при срабатывании защелки, мм, не менее 8
Контактное нажатие, кгс, не менее 16
Запас усилия защелки при отключенном положении подвижного контакта, кгс, не менее 5
Поверхность прилегания контактов, %, не менее 70
Расстояние между рогом камеры и подвижным контактом при любом его положении, мм 2–4

Разрыв блокировочных контактов, мм 4–5
Провал блокировочных контактов, мм 2–3
Наименьшее напряжение электромагнита для освобождения защелки, В 30
Испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин, В:
- между силовыми выводами без дугогасительной камеры 9500
- между выводами электромагнита защелки и корпусом 1500

Масса, кг 43

Устройство и принцип действия. Быстродействующий контактор БК-78Т (рис. 55) состоит из двух текстолитовых планок 6, на которых смонтированы все узлы контактора. Включающий механизм электромагнита имеет латунный кронштейн 20, на котором укреплены магнитопровод и ярмо 15 с отключающей катушкой 16, а также кронштейн, несущий гибкий провод, подвижный

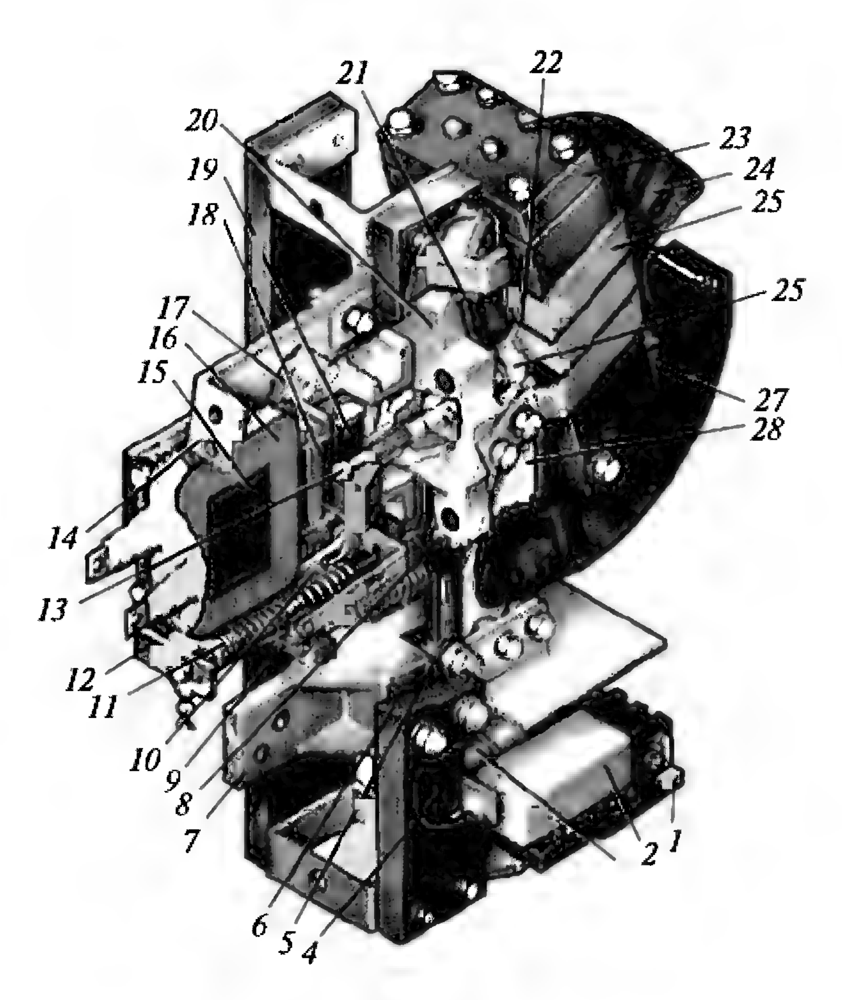


Рис. 55. Быстродействующий контактор БК-78Т

контакт 26 и магнитопровод 23 дугогасительной системы с дугогасительной катушкой 25. Тягой подвижной контакт связан с якорем 19. Между нижним концом подвижного контакта и скобой натянута контактная пружина 11, обеспечивающая замыкание подвижного контакта с неподвижным. Неподвижный контакт установлен на рифленой поверхности шинного вывода. Верхний вывод 14, к которому присоединены катушки дутья, прикреплен к текстолитовой планке.

Дугогасительная камера аналогична дугогасительной камере контактора БК-2Б. У камеры контактора БК-78Т конструктивно отличается полюс и добавлены рога. Блокировочный контакт 2 и включающий электромагнит 3 укреплены на основании 1 и через индивидуальные изоляционные рычаги 5 связаны с подвижным контактом контактора и рычагом защелки 8, которая шарнирно закреплена на планке.

При коротких замыканиях на индуктивном шунте напряжение поднимается и возбуждается отключающая катушка 16 быстродействующего контактора. Якорь притягивается, подвижный контакт, разворачиваясь, отключается, растягивая контактную пружину, при этом рычаг защелки попадает в паз держателя подвижного контакта и держит контакт в отключенном положении. Дуга, образующаяся при разрыве контактов, гасится в дугогасительной камере. В процессе отключения подвижный контакт задевает рычаг блокировочных контактов, которые размыкают цепь удерживающей катушки быстродействующего выключателя и восстанавливают цепь включающего электромагнита БК.

После сброса главной рукоятки контроллера на нулевую позицию и нажатии кнопки «Возврат БВ» электромагнит возбуждается, якорь ударяет по изоляционному рычагу, который в свою очередь поднимает вверх рычаг защелки и, освобождая контактную пружину, замыкает подвижной контакт с неподвижным.

3.5. Реле напряжения и реле перегрузки

Реле повышенного напряжения РПН-496

Назначение: реле повышенного напряжения РПН-496 предназначено для подачи светового сигнала при повышении напряжения свыше 4000 В. При параллельном соединении тяговых двигателей в режиме тяги оно служит для отключения всех ступеней ос-

лабления возбуждения, а в рекуперативном режиме — для уменьшения независимого возбуждения генератора преобразователя и отключения быстродействующего выключателя с выдержкой времени.

Технические данные реле РПН-496:

Номинальное напряжение катушки, В 3000
Номинальное напряжение контактов, В 50
Номинальный ток контактов, А 5
Сопротивление катушки при температуре 20 °С, Ом 480
Ток включения, А 0,218
Ток отключения, А 0,164
Напряжение срабатывания (с добавочным резистором), В 4000
Напряжение отключения (с добавочным резистором), В 3000
Число контактов:
  замыкающих 2
  размыкающих 1
Провал контактов, мм 1,0–1,5
Разрыв контактов, мм 2,0–2,5
Нажатие контактов, кгс 0,2–0,25
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания изоляции в течение 1 мин, В:
  между выводами катушки и ближайшим местом крепления, В 12 000
  между выводами блокировки и ближайшим местом крепления, В 1500
Масса, кг 3,2

На сердечнике магнитопровода 6 (рис. 56) находится катушка 2. Якорь 4, отжимаемый пружиной с регулирующим устройством, через изоляционную планку, воздействующую на блокировочные контакты 9. Все детали реле смонтированы на изоляционной панели 1. При увеличении напряжения в контактной сети до 4 кВ якорь 4 притягивается к магнитопроводу 6, преодолевая усилие пружины; при этом контакты 9 меняют свое положение, производя переключения в электрической схеме электровоза.

Регулировка реле. Реле РПН-496 на ток включения регулируют изменением натяжения пружины (разброс уставки ±5 %). Ток отключения регулируют изменением немагнитного зазора винтом 5. Регулировку реле следует уточнять вместе с добавочным резистором на электровозе по регулировочным характеристикам. Уставку, разрыв и провал контактов реле проверяют при пуске элект-

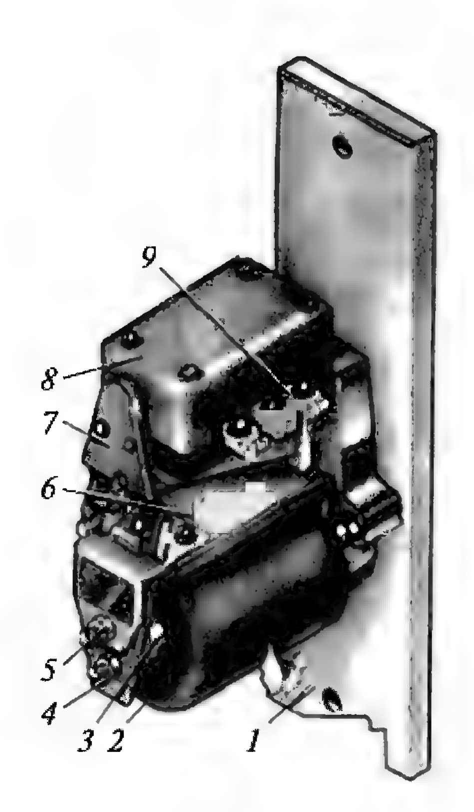


Рис. 56. Реле повышенного напряжения РПН-496

ровоза в эксплуатацию, техническом обслуживании ТО-3 и текущих ремонтах.

Реле низкого напряжения РНН-497

Назначение: реле низкого напряжения РНН-497 служит для сигнализации о снижении напряжения в контактной сети. Конструкция реле аналогична реле повышенного напряжения РПН-496 (см. рис. 56). Разница состоит лишь в числе блокировочных контактов (у реле низкого напряжения их одна пара).

Технические данные реле РНН-497:

Номинальное напряжение катушки, В	3000
Номинальное напряжение контактов, В	50
Номинальный ток контактов, А	5
Сопротивление катушки при температуре 20° С, Ом	480
Ток включения, А	0,147
Ток отключения, А	0,103
Напряжение включения (с добавочным резистором), В	2700
Напряжение отключения (с добавочным резистором), В	1900
Число замыкающих контактов	1
Разрыв контактов, мм	2–2,5
Провал контактов, мм	1–1,5

Нажатие контактов, кгс 0,15–0,2
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц
для испытания изоляции в течение 1 мин, В:
между выводами катушки и ближайшим местом
крепления 12 000
между выводами блокировки и ближайшим местом
крепления 1500
Масса, кг 3,2

На катушку реле РНН-497 подают напряжение 60 В и устанавливают ток 0,103 А. Изменением натяжения пружины добиваются выключения реле при указанном токе, что соответствует напряжению 1900 В с включенным добавочным резистором 18 000 Ом. Ток включения реле при этом должен быть не более 0,147 А, то есть соответствовать напряжению 2700 В. Ток регулировки указан для номинального значения сопротивления добавочного резистора. При отклонении сопротивления от номинального значения (в пределах ±10%) ток регулировки пересчитывают, после чего уставку следует уточнить в комплекте с добавочным резистором на электровозе по регулировочным характеристикам. При этом необходимо замерить общее сопротивление $R_{общ}$ катушек реле РПН-496, РНН497 и сопротивление добавочного резистора. Реле на ток включения регулируют изменением натяжения пружины (разброс уставки ±5%). Ток отключения регулируют винтом, изменяя немагнитный зазор. Уставку, разрыв и провал контактов реле проверяют при пуске электровоза в эксплуатацию, техническом обслуживании ТО-3 и текущих ремонтах.

Реле перегрузки преобразователя РТ-500

Назначение: реле перегрузки РТ-500 служит для отключения быстродействующего выключателя и преобразователя в случае перегрузки в цепи двигателя преобразователя. Катушка реле включена в цепь последовательно с якорем двигателя преобразователя.

Технические данные реле перегрузки РТ-500:

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальное напряжение контактов, В 50
Номинальный ток контактов, А 5
Номинальный ток катушки, А 110
Ток включения (уставка), А .... 80+4
Сопротивление катушки при температуре 20 °С, Ом 0,003
Число контактов (размыкающих) 1

Разрыв контактов, мм 3,5–5
Провал контактов, мм 1,5–3
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц
для испытания изоляции в течение 1 мин, В:
силовой цепи 12 000
цепи управления 1500
Масса, кг 3,6

Конструкция реле перегрузки преобразователя РТ-500 представлена на рис. 57.

Реле перегрузки тяговых двигателей РТ-502

Назначение: реле перегрузки РТ-502 предназначено для световой сигнализации о перегрузке тяговых двигателей и автоматического снятия режима ослабления поля.

Технические данные реле перегрузки РТ-502:

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальный ток катушки, А 600

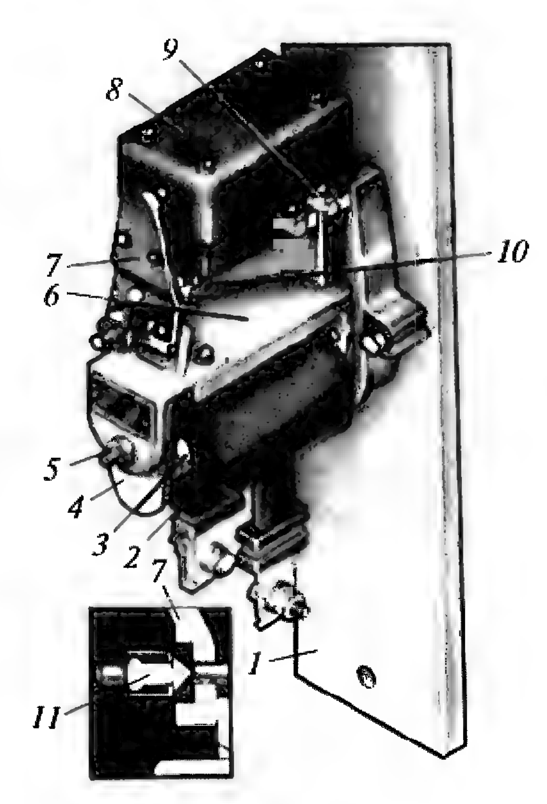


Рис. 57. Реле перегрузки преобразователя РТ-500:
1 — изоляционная панель; 2 — катушка; 3 — сердечник; 4 — якорь; 5 — ограничитель хода якоря; 6 — магнитопровод; 7 — изоляционная планка; 8 — блокировочные контакты; 9 — выводы; 10 — регулируемая пружина; 11 — регулировочная прокладка

Ток уставки, А .... 750±30
Коэффициент возврата, не ниже 0,6
Номинальное напряжение контактов, В 50
Номинальный ток контактов, А 5
Число контактов:
  замыкающих 1
  размыкающих 1
Провал контактов, мм 1,2–1,8
Разрыв контактов, мм 1,7–2,3
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц
для испытания изоляции в течение 1 мин, В:
  силовой цепи 12 000
  цепи управления 1500
Масса, кг 4,1

На изоляционной панели 1 (рис. 58) укреплен магнитопровод 6 с якорем 4. На сердечнике 3 магнитопровода с зазором установлена включающая катушка 2, выполненная из медной шины. К якорю, отжимаемому от сердечника отключающей регулируемой пружиной 10, прикреплена изоляционная планка 7, связанная с блокировочным устройством 8. Зазор между якорем и сердечником регу-

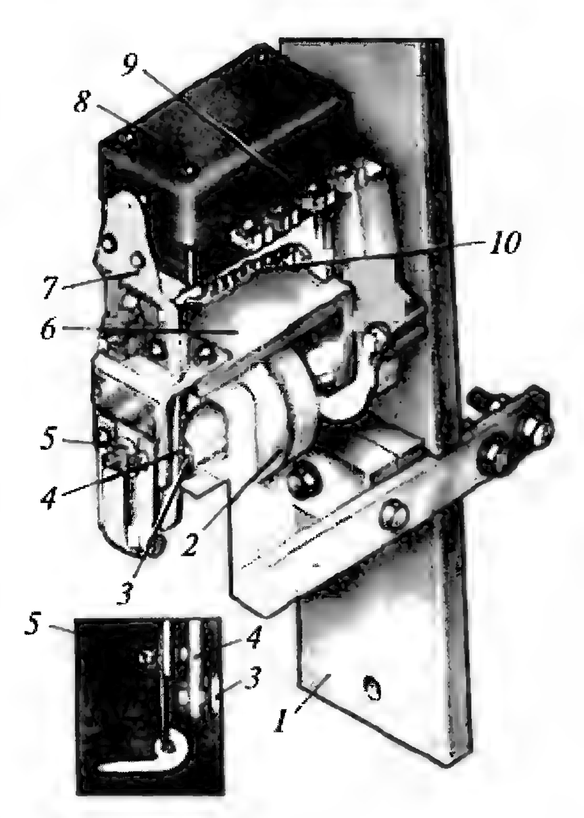


Рис. 58. Реле перегрузки тяговых двигателей РТ-502

лируют болтом 5 стойки. В нижней части к скобе магнитопровода закреплено блинкерное устройство с сигнальным флажком. При токах в катушке реле, меньших тока уставки, магнитный поток в магнитопроводе недостаточен для притяжения якоря, отжимаемого регулируемой пружиной 10. Если ток превысит уставку, магнитные силы превысят усилие, развиваемое на якоре пружиной, реле сработает и произведет переключение блокировочных контактов, вследствие чего на пульте машиниста загорятся сигнальные лампы РП, а также если работа электровоза осуществлялась на второй, третьей или четвертой ступени ОП, режим ОП снимется автоматически. По выпаданию сигнального флажка определяют сработавшее реле, то есть в цепи какой пары двигателей произошла перегрузка.

Регулировка реле. Ток уставки реле регулируют пружинами, удерживающими якорь в разомкнутом положении. Уставку, провал и разрыв контактов проверяют при пуске электровозов в эксплуатацию, техническом обслуживании ТО-2 и текущих ремонтах.

3.6. Дифференциальная защита на ЭПС

Дифференциальные реле РДЗ-068 и РДЗ-068-01

Назначение: реле РДЗ-068 служит для защиты силовых цепей тяговых двигателей от неполных токов короткого замыкания. Реле РДЗ-68-01 защищает силовые цепи вспомогательных машин от токов короткого замыкания. Контакты обоих реле включены в цепь удерживающей катушки быстродействующего выключателя.

Технические данные реле РДЗ-068 и РДЗ-068-01

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальное напряжение включающей катушки
и контактов, В 50
Магнитодвижущая сила небаланса (уставка), А:
 РДЗ-068 100
 РДЗ-068-01 8,5
Собственное время срабатывания (при скорости
нарастания тока свыше 10 А/с), с, не более 0,0065
Сопротивление катушки при температуре 20 °С, Ом 3,6
Наибольшая длительность включения катушки
без добавочного резистора при напряжении 55 В, с 40
Номинальный ток контактов, А 5
Число замыкающих контактов 1
Провал контактов, мм 1,5–2
Разрыв контактов, мм 4–5

Рабочий зазор по центру полюса при открытом якоре, мм ....5±0,5
Площадь прилегания якоря к сердечнику магнитопровода, ... 80
катушка должна обеспечивать восстановление реле путем
форсировки при токе, А 4,4
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц для испытания
изоляции катушки относительно блокировки или ближайшего
крепежного болта в течение 1 мин, В 1500
Масса, кг:
РДЗ-068 7,2
РДЗ-068-01 8,5

Дифференциальное реле РДЗ-068 (рис. 59) состоит из шихтованного магнитопровода 8, катушки 7, якоря 4, регулировочной пру-

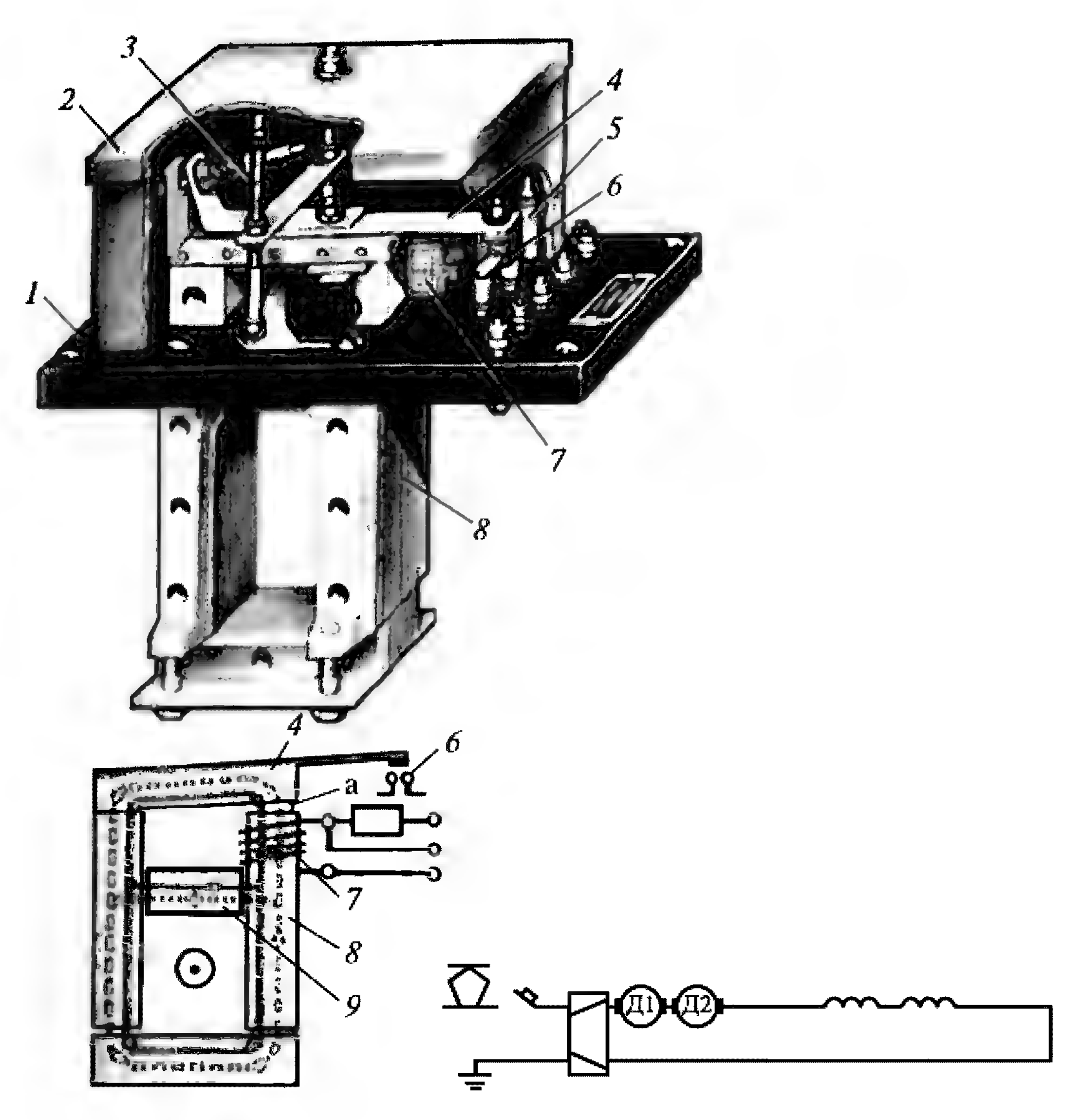


Рис. 59. Дифференциальное реле РДЗ-068

жины 3, блока контактов 6 и добавочного резистора 5 (два параллельно соединенных резистора ПЭВ-15-390 Ом).

Магнитопровод, блок контактов и добавочный резистор установлены на панели 1. Реле закрыто прозрачным кожухом 2. Кабели начала и конца цепи, защищаемой реле, протянуты в окно магнитопровода. Катушка реле является включающей и удерживающей. При включении реле на катушку подается напряжение 50 В. Добавочный резистор вводится в цепь катушки после включения реле, реле продолжает оставаться включенным.

Направление магнитного потока, создаваемого катушкой, показано на рис. 61 сплошной линией, а магнитного потока, возникающего от прохождения тока небаланса в силовых кабелях, протянутых в окно магнитной системы, — штриховой. В рабочем зазоре а указанные потоки направлены встречно. При отсутствии короткого замыкания на участке, защищаемом дифференциальным реле, магнитный поток, создаваемый токами, протекающими по силовым кабелям, равен нулю.

Когда происходит короткое замыкание в цепи, защищаемой дифференциальным реле, возникает ток небаланса. Магнитный поток при достижении током небаланса значения, равного току уставки реле, становится таким, что усилие от результирующего потока в зоне рабочего зазора становится меньше усилия регулировочной пружины, и якорь реле отпадает. При этом контакты размыкаются и разрывают цепь питания удерживающей катушки быстродействующего выключателя. Последние отключаются и разрывают ток короткого замыкания.

Магнитный шунт служит для того, чтобы при коротком замыкании не произошло обратного включения якоря, так как ток короткого замыкания сразу не прекращается. При отпадании якоря еще некоторое время ток короткого замыкания протекает по силовым кабелям, и магнитный поток от этого тока стремится снова притянуть якорь. При наличии магнитного шунта поток от тока небаланса в основном будет протекать по нему, так как проводимость этого участка магнитной цепи значительно больше, чем проводимость воздушного зазора между якорем и магнитопроводом.

Конструкция реле РДЗ-068-01 (рис. 60) в основном не отличается от РДЗ-068 (см. рис. 59), только для обеспечения тока устав-

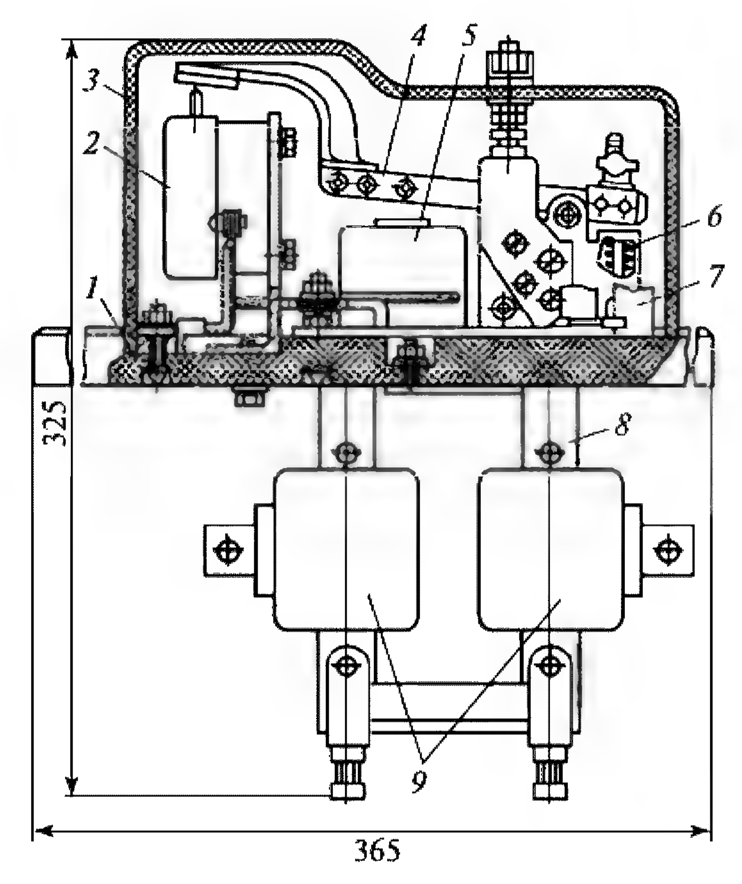


Рис. 60. Дифференциальное реле РДЗ-068-01

ки 8,5 А на магнитопроводе реле РДЗ-068-01 установлены две силовые катушки 9, имеющие по 12 витков каждая.

Реле РДЗ-068 регулируют на ток небаланса 100 А при одном проводе, заведенном в рамку. На стенде реле регулируют следующим образом. В рамку магнитопровода заводят провод, а на катушку подают напряжение. Якорь должен притягиваться при напряжении на катушке (без добавочного резистора) 50 В и надежно удерживаться при 40 В, когда в цепь катушки включен добавочный резистор, установленный на реле. По проводу, заведенному в рамку, пропускают ток, равный току небаланса. Поскольку реле поляризованное, при испытаниях и монтаже следует строго придерживаться указанной полярности подсоединения. Якорь должен отпадать при токе небаланса, на который регулируют реле, и напряжении на катушке 50 В с включенным добавочным резистором.

Ток уставки реле регулируют изменением натяжения пружины. Если якорь реле при прохождении тока по проводу не отпадает, нужно изменить полярность катушки реле. Реле РДЗ-068-01 регу-

лируют на ток небаланса 8,5 А изменением натяжения отключающей пружины, пропуская ток 8,5 А через одну из двух катушек, установленных в магнитопроводе. Якорь должен отпадать при токе небаланса 8,5 А, при этом напряжение на удерживающей катушке с включенным добавочным резистором должно быть 50 В.

Перед пуском электровоза в эксплуатацию необходимо проверить правильность включения и регулировку реле на ток небаланса и восстановление реле путем форсировки при напряжении 35 В в цепи управления.

После регулировки тока уставки реле на электровозе натяжение регулировочной пружины, замеренное по оси сердечника магнитопровода, должно быть не менее 70 Н, а запас усилия по оси сердечника в притянутом положении якоря и напряжении 40 В должен быть не менее 5 Н.

Дифференциальное реле 15СВ

Назначение: реле служат для защиты аппаратов силовой цепи при малых токах и малой скорости нарастания больших токов короткого замыкания

Технические данные:

Номинальное напряжение, В 3000
Номинальный ток, А 1600

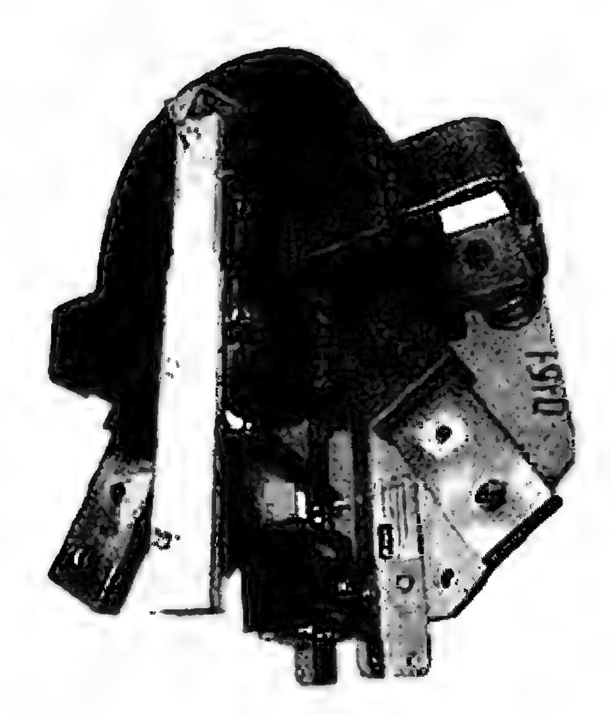


Рис. 61. Дифференциальное реле 15СВ

Напряжение, на которое рассчитаны блок-контакты, В 48
Ток, на который рассчитаны блок-контакты, А 6
Число подвижных контактов 2
Число неподвижных контактов.. 2

Устройство дифференциального реле 15СВ представлено на рис. 62.

Работа дифференциального реле: одна из катушек дифференциального реле 15СВ включена между БВ и цепью тяговых двигателей, другая — между цепью тяговых двигателей и «землей». Реле срабатывает (якорь 14 притягивается к ярму 4) при разнице токов в катушках 1 и 2 в 120 А. После размыкания силовой цепи БВ и исчезновения тока в катушках дифференциального реле якорь пружиной 6 оттягивается от ярма и вновь замыкает блок-контакты.

Блок дифференциальных реле БРД-356

Назначение: блок дифференциальных реле типа БРД-356 служит для защиты выпрямительных установок электровоза от коротких замыканий с помощью главного выключателя и его отключения при круговом огне по коллектору в ТЭД или при пробое плеча выпрямительной установки ВУ1 или ВУ2. Блок БРД расположен на тяговом трансформаторе.

Технические данные:

Номинальное напряжение силовой цепи, В...2500
Номинальный ток силовой цепи, А 1500
Параметры контактов в цепи переменного тока:
  напряжение, В... 380
  номинальный отключаемый ток, А...3
Число размыкающих контактов (соединены параллельно) 2
Параметры контактов в цепи постоянного тока:
  напряжение, В... 50
  номинальный отключаемый ток, А 5
Число размыкающих контактов 2
Число замыкающих контактов 2
Сопротивление удерживающей катушки, Ом 3,6
Число витков катушки 700

Устройство: блок состоит из двух дифференциальных реле (рис. 63, 64).

Работа блока дифференциальных реле.

При включении на пульте выключателя «Выключение ГВ» через регулируемое сопротивление r34 (47 Ом) и r35 (47 Ом) получа-

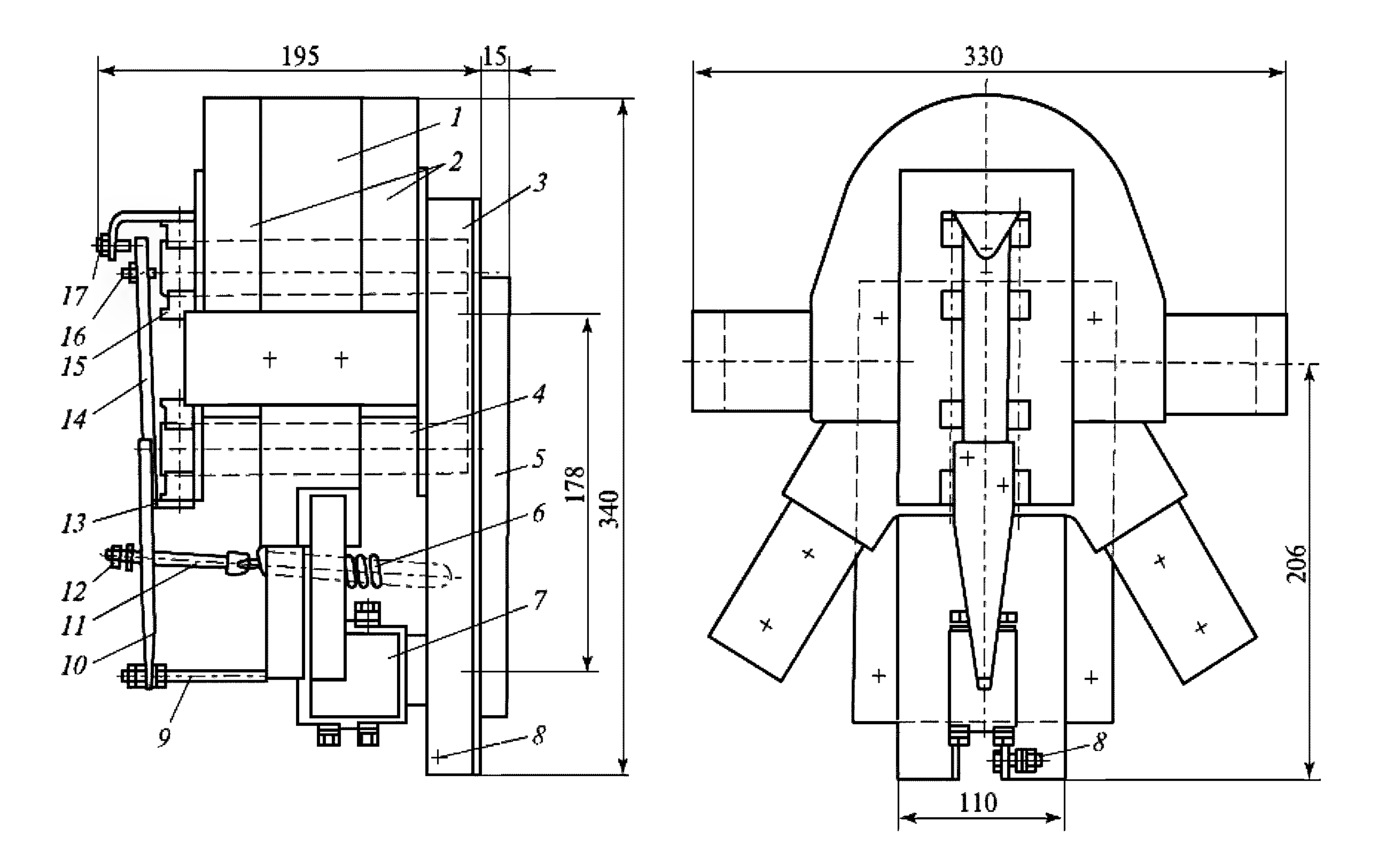


Рис. 62. Устройство дифференциального реле 15СВ:
1— 2 — токовые катушки; 3 — стальные угольники; 4 — магнитопровод; 5 — фибровая плита; 6 — пружина; 7 — корпус блок-контактов; 8 — болт; 9 — тяга; 10 — планка; 11 — болт; 12 — гайка; 13 — прокладка; 14 — якорь; 15 — прокладка; 16 — болт; 17 — болт

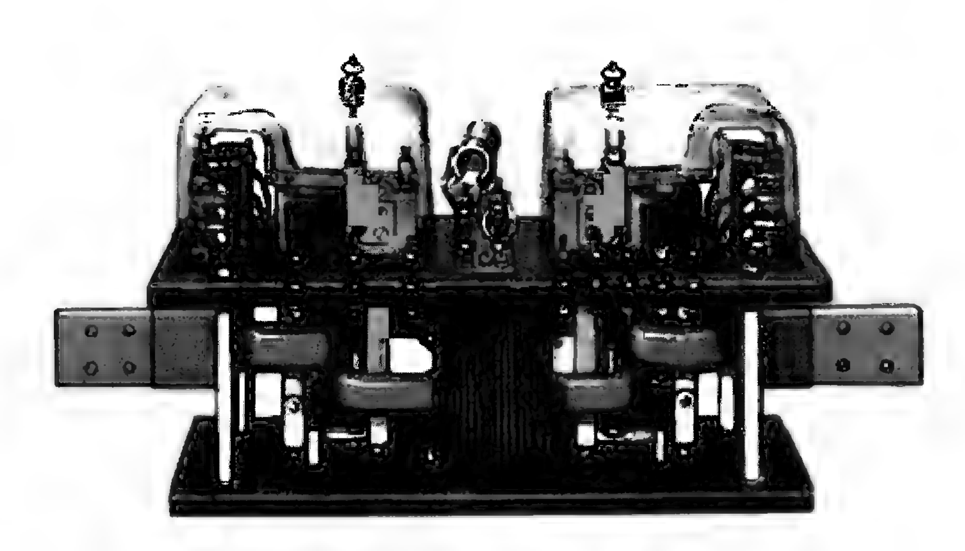


Рис. 63. Блок дифференциальных реле БРД-356

ют питание последовательно соединенные катушки дифференциальных реле 21 и 22, которые создают постоянный магнитный поток $Ф_{кат}$. Величины этого магнитного потока достаточно для удержания якоря реле во включенном положении и недостаточно для включения дифференциальных реле, поэтому их якоря остаются в отключенном состоянии.

При включении на пульте выключателя «Включение ГВ и возврат реле» включается промежуточное реле 207 и своим замыкающим контактом 207 шунтирует резисторы r34 и r35 в цепи катушек дифференциальных реле 21 и 22. Тогда ток через катушки реле увеличивается, что приводит к увеличению магнитного потока $Ф_{кат}$, в результате чего их якоря притягиваются к магнитопроводу, планка якоря каждого реле нажимает сверху на шток блокировочного устройства и все блокировки дифференциальных реле 21 и 22 переключаются. (Без резисторов r34 и r35 катушки дифференциальных реле могут находиться под током не более 30 с.)

При работе силовой схемы, когда в ней нет аварийных режимов, на концах силовых шин дифференциальных реле 21, 22 будут равные потенциалы. При этом ток по силовым шинам дифференциальных реле 21, 22 не идет, и якоря дифференциальных реле остаются включенными за счет постоянного магнитного потока $Ф_{кат}$ своих катушек 21 и 22.

При возникновении аварийного режима, например если в силовой схеме произойдет круговой огонь по коллектору ТЭД первой тележки, во второй полупериод весь нарастающий ток корот-

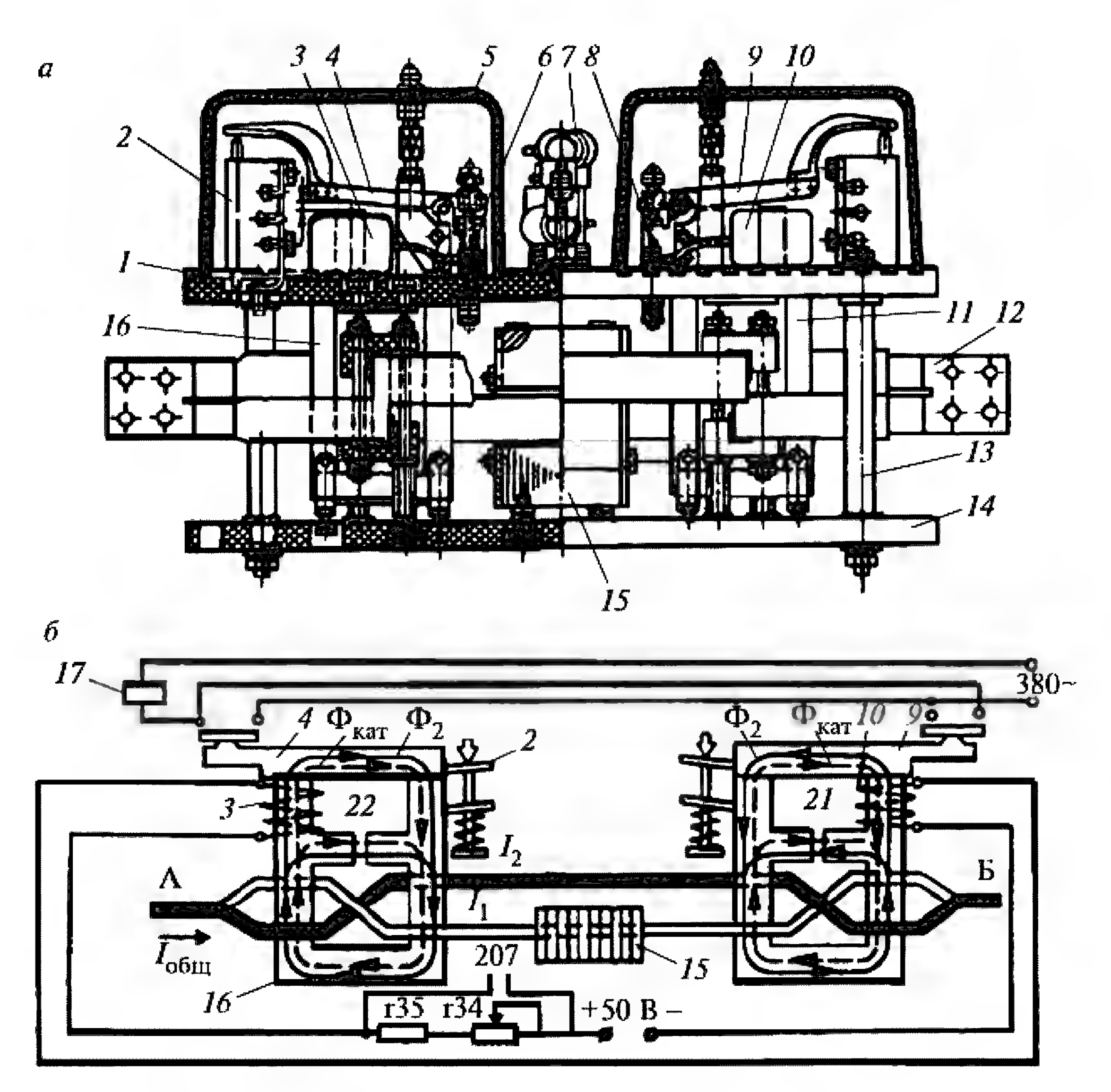


Рис. 64. Устройство блока дифференциальных реле БРД-356:
1 — верхняя панель; 2 — блокировка; 3 — удерживающая катушка реле; 4 — якорь реле; 5 — защитный прозрачный кожух; 6 — отключающая пружина реле; 7 — добавочные резисторы; 8 — отключающая пружина реле; 9 — якорь реле; 10 — удерживающая катушка реле; 11 — сердечник магнитопровода реле; 12 — силовая шина; 13 — скрепляющие шпильки; 14 — нижняя панель; 15 — индуктивный шунт; 16 — сердечник магнитопровода реле; 17 — отключающая катушка гв 40ткл; 21 — катушка дифференциального реле; 22 — катушка дифференциального реле; r34 — регулируемое сопротивление; r35 — регулируемое сопротивление; 207 — контакты промежуточного реле

кого замыкания пойдет по шинам дифференциальных реле 21, 22 слева направо (от вывода А к выводу Б). При этом индуктивный шунт нижней шины оказывает этому нарастающему току коротко-

го замыкания большое индуктивное сопротивление (за счет наведения ЭДС самоиндукции), поэтому большая часть нарастающего тока короткого замыкания (примерно 70 %) пойдет по шине без индуктивного шунта (верхняя шина) — ток I_2, а меньшая часть тока короткого замыкания (примерно 30 %) пойдет по шине с индуктивным шунтом (нижняя шина) — ток I_1. При этом ток небаланса I_2 верхней шины без ИШ будет создавать магнитный поток Ф2, который в якоре дифференциального реле 22 будет направлен согласно с магнитным потоком катушки, и якорь этого дифференциального реле 22 еще сильнее притянется к сердечнику. А в якоре дифференциального реле 21 этот магнитный поток Ф2 будет направлен встречно с магнитным потоком катушки $Ф_{кат}$. Поэтому якорь дифференциального реле 21 размагничивается и отключается за счет своей пружины, при этом размыкается контакт 21 в цепи удерживающей катушки ГВ, что приводит к отключению ГВ на этой секции и включению сигнальной лампы «ВУ1».

Если произойдет круговой огонь в ТЭД второй тележки, то во второй полупериод весь нарастающий ток короткого замыкания пойдет по шинам дифференциальных реле 21, 22 справа налево (от вывода Б к выводу А), при этом отключится якорь дифференциального реле 22, что приводит также к отключению ГВ и включению сигнальной лампы «ВУ2».

Отключение дифференциальных реле 21 и 22 происходит при разности токов в двух шинах 500 + 50 А.

3.7. Противобуксовочная защита ТПС

Боксование колесных пар в режиме тяги и юз при электрическом торможении нарушают режим работы локомотивов, ограничивая силу тяги или торможения, повышают вероятность нарушения коммутации тяговых электродвигателей.

Склонность колесных пар к боксованию и юзу существенно зависит от жесткости тяговой (тормозной) характеристики. Боксование вызывает падение силы тяги: при последовательном соединении двигателей сила тяги падает на всех колесных парах, связанных с двигателями последовательной цепи. Боксование особенно сильно влияет на работу грузовых локомотивов при ведении поездов на подъемах с силой тяги, близкой к предельной по сцеплению, и часто ограничивает весовую норму поезда. Юз, лимити-

руя тормозную силу и снижая эффективность электрического торможения, не определяет веса поезда, поскольку возможно комбинированное торможение вагонов: электрическое и механическое.

При большом числе моторных вагонов на электропоездах боксование отдельных колесных пар мало снижает общую силу тяги. Кроме того, здесь сила тяги приближается к максимальной по сцеплению только в режиме пуска, и боксование обычно лишь несколько понижает ускорение поезда. Однако боксование во время автоматического пуска, вызывая падение тока в цепях тяговых электродвигателей, сопровождается срабатыванием реле ускорения и преждевременным переходом на следующие пусковые ступени. Такое действие реле ускорения усиливает скольжение боксующей колесной пары и может вызвать боксование других колесных пар моторного вагона, поскольку двигатели в других параллельных цепях при этом перегружаются.

Начавшееся боксование или юз могут быть прекращены несколькими способами.

Самый простой способ прекращения боксования или юза колесных пар — это увеличение силы сцепления колеса и рельса за счет подачи песка под колесные пары. Применяется ручное управление песочницами по усмотрению машиниста и автоматическая подача песка по сигналу специальных реле. При автоматическом управлении обычно сохраняется и ручное для профилактической подачи песка в особо тяжелых случаях — трогании поезда на подъемах, при особо загрязненных рельсах и в кривых малых радиусов. Однако подача песка в зону контакта колеса и рельса способствует повышенным износам бандажей колесных пар и рельсов.

Боксование может быть прекращено торможением колесных пар прямодействующим тормозом. Этот способ иногда используется машинистами, но он малоэффективен ввиду медленного действия.

Прекратить боксование можно, уменьшив силу тяги, развиваемую тяговыми электродвигателями, ниже силы трения скольжения колеса и рельса. Для этого необходимо перейти на низшие ступени регулирования, что производит машинист, определив начало боксования на слух, по измерительным приборам или по сигналу реле боксования. Однако понижается сила тяги всех двигателей, а не только боксующих колесных пар, то есть прекращение боксо-

вания таким способом на локомотивах обычно сопровождается понижением скорости. Применяют и автоматические системы, которые действуют по сигналу реле боксования.

Для обнаружения и прекращения боксования колесных пар путем воздействия на систему автоматического регулирования напряжения тягового генератора на тепловозах служит реле боксования. На всех современных тепловозах принцип работы реле боксования аналогичен — они реагируют на разность частоты вращения боксующих и не боксующих колесных пар путем сравнения потенциалов в характерных точках силовой цепи.

При возникновении боксования (увеличение частоты вращения якоря) из-за увеличения противо-ЭДС боксующего электродвигателя уменьшается ток, протекающий по цепи данного электродвигателя. Это является причиной уменьшения падения напряжения на контролируемом участке силовой цепи. Появляется разность потенциалов между точками подключения катушки реле боксования, которая приводит к срабатыванию последнего. Блокировочные контакты, воздействуя на цепи возбуждения, снижают напряжение тягового генератора и тем самым прекращают возникшее боксование. Далее с заданным темпом восстанавливается напряжение и мощность тягового генератора.

На тепловозах ТЭМ1 и ТЭМ2 катушка реле боксования включается в цепь в диагональ моста, образованного якорями тяговых электродвигателей и дополнительных резисторов.

При отсутствии боксования якоря тяговых электродвигателей вращаются примерно с одинаковой частотой вращения. При этом потенциалы точек подключения катушки реле боксования одинаковы и уравнительного тока, протекающего по катушке, нет.

При боксовании колесной пары частота вращения ее и соответствующего якоря тягового электродвигателя возрастает, что приводит к известному увеличению противо-ЭДС. Для уравновешивания данной противо-ЭДС на зажимах тягового электродвигателя боксующей колесной пары возрастает напряжение и соответственно уменьшается напряжение на зажимах тягового электродвигателя небоксующей колесной пары. Потенциалы точек соединения вспомогательных резисторов остаются прежними. Это вызывает разность потенциалов между точками соединения выводов катушки реле боксования.

Например, при боксовании первой колесной пары падение напряжения на якоре первого тягового электродвигателя возрастает, потенциал точки соединения якорей тяговых электродвигателей снижается, что вызывает протекание тока $+i_{ур}$ по катушке реле боксования. При боксовании второй колесной пары ток в катушке будет иметь обратное направление $-i_{ур}$ При токе любого направления около 0,05 А реле срабатывает, а при токе 0,045 А — отпадает.

На тепловозах 2М62, 2ТЭ10Л и ТЭП60 катушки реле боксования включены в цепь двух тяговых электродвигателей (схема 1).

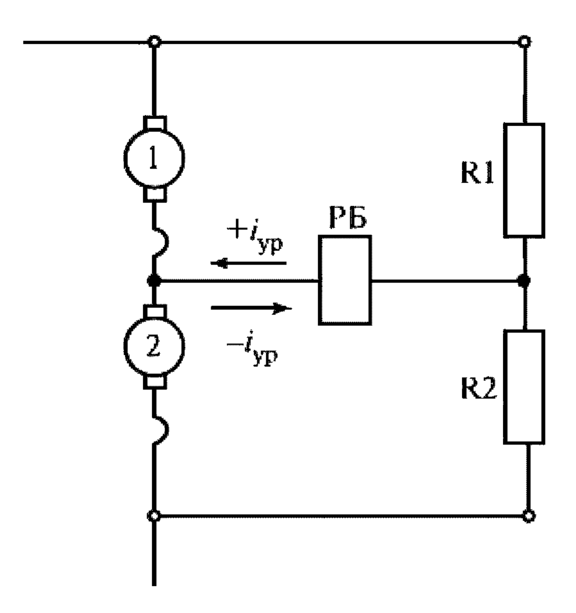


Схема 1. Катушки реле боксования, включенные в цепь двух тяговых электродвигателей

Такая же схема включения реле боксования применяется на электроподвижном составе переменного тока при последовательно-параллельном соединении двигателей между эквипотенциальными точками их цепей.

При отсутствии боксования ток в каждом из двух тяговых электродвигателей одинаков (с определенным допуском на расхождение характеристик) и ток в катушке реле боксования незначителен. Реле находится в выключенном состоянии.

При боксовании колесной пары частота вращения якоря тягового электродвигателя возрастает, что способствует увеличению противо-ЭДС и снижению тока в его цепи.

Например, при боксовании первой колесной пары уменьшается ток в цепи ее тягового электродвигателя, потенциал точки подключения дополнительных полюсов уменьшается, и ток $+i_{ур}$ пойдет через катушку реле боксования, а при боксовании второй колесной пары наоборот $-i_{ур}$. При токе любого направления, превышающем заданную величину, реле срабатывает.

На тепловозах ТЭМ2, 2М62, 2ТЭ10Л размыкающие контакты реле боксования включены в цепь катушки контактора ВВ. При срабатывании реле боксования эти контакты разрывают цепь катушки контактора ВВ. Выключение контактора ВВ уменьшает ток обмотки возбуждения и мощность тягового генератора, что способствует прекращению боксования и отпусканию реле. Вновь включается контактор ВВ, увеличивая возбуждение и мощность до исходного уровня.

Вследствие большой индуктивности обмоток возбудителя и тягового генератора периодическое выключение возбуждения возбудителя не вызывает резкого снижения силы тяги тепловоза, а лишь ее уменьшение. Замыкающие контакты реле боксования создают цепь питания звукового сигнала, предупреждающего машиниста о возникшем боксовании колесных пар. Другие контакты дополнительно включают сигнальную лампу на пульте машиниста.

На тепловозах 2ТЭ116 и ТЭП70 реле боксования включается на выход схемы сравнения (схема 2), которая состоит из диодов, вклю-

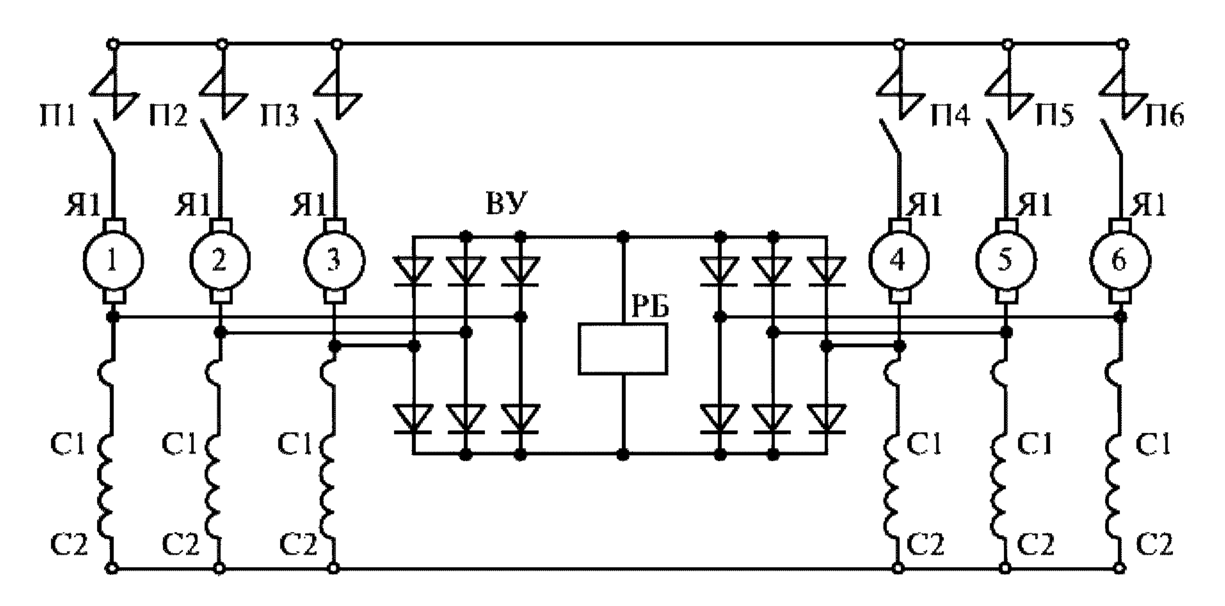


Схема 2. На тепловозах 2ТЭ116 и ТЭП70 реле боксования включается на выход схемы сравнения

ченных в 12 плеч. Плечи схемы сравнения подсоединены к минусовым щеткодержателям тяговых электродвигателей через вспомогательные контакты поездных контакторов П1...П6.

При отсутствии боксования и приблизительно одинаковых токах в цепи электродвигателей ток на выходе схемы сравнения и в катушке реле боксования равен нулю. При возникновении боксования от одной до пяти колесных пар в схеме сравнения появляется уравнительный ток, который вызывает срабатывание реле боксования.

На тепловозах 2ТЭ10М и 2ТЭ116 используется схема с тремя реле боксования (схема 3). В начальный период боксования срабаты-

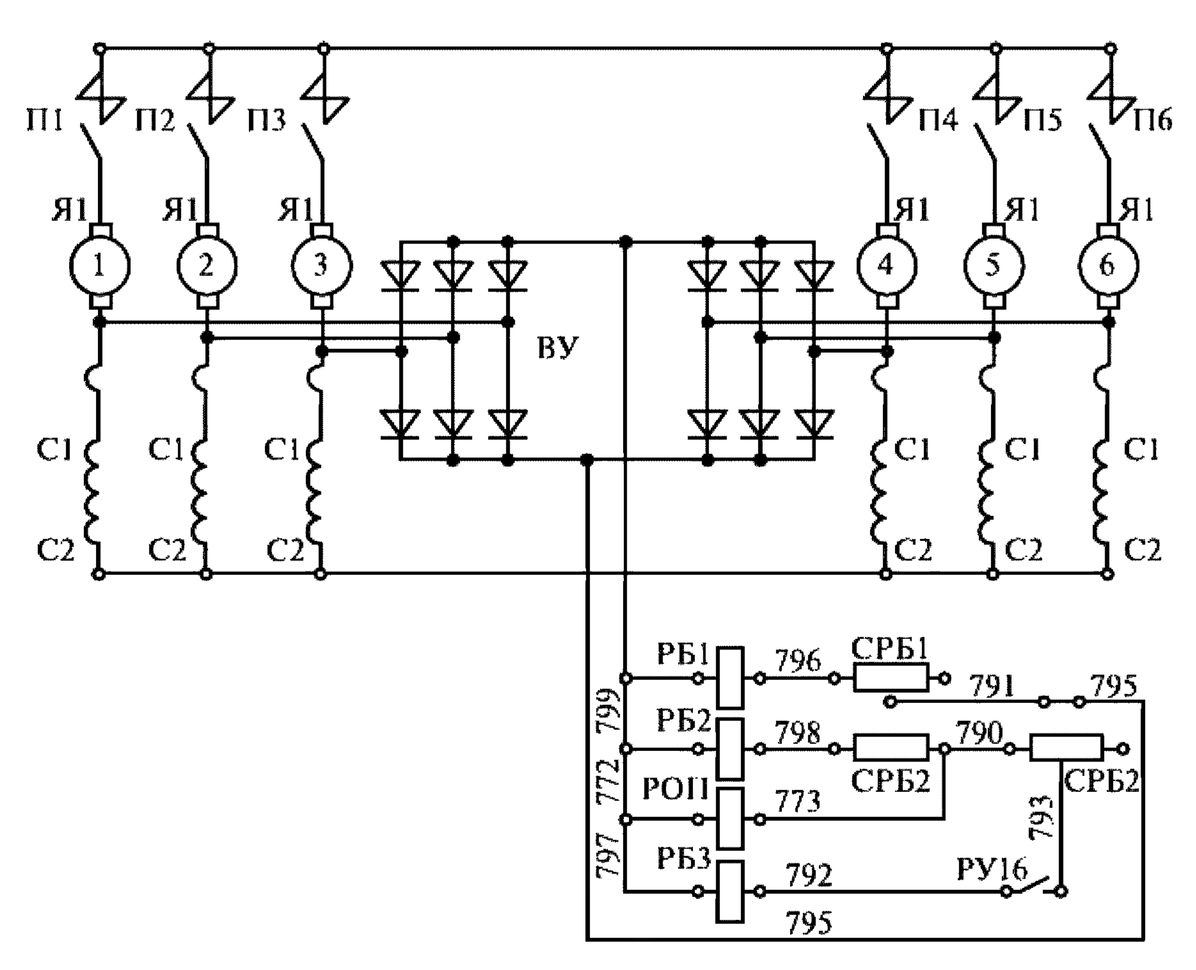


Схема 3. Схема с тремя реле боксования

вает реле РБ1, при более сильном боксовании — реле РБ2, а при боксовании в режиме ослабленного возбуждения — реле РБ3. Последовательно с катушкой реле РБ1 включен резистор СРБ1, последовательно с катушкой реле РБ2 — резисторы СРБ2 и СРБ3,

а в цепь реле РБ3 — блокировочный контакт РУ16, которое получает питание при включении реле переходов.

На всех локомотивах предпочтительно прекращать боксование автоматическим снижением силы тяги только боксующего двигателя или двигателей данной параллельной цепи, как это выполнено в системе поосного регулирования силы тяги.

Кроме рассмотренных методов прекращения боксования и юза на электровозах постоянного тока это можно осуществить, введя в цепь боксующего двигателя секции пусковых реостатов или усилив возбуждение двигателей этой цепи. Последнее возможно только при движении электровоза на ступенях ослабленного возбуждения, когда возможно усиление его размыканием шунтирующих цепей.

При последовательном соединении нескольких двигателей (четыре, шесть, восемь) силу тяги двигателя боксующей колесной пары можно понизить ослаблением его возбуждения. Если в цепи из четырех и более двигателей шунтировать обмотку возбуждения одного, то общая ЭДС уменьшится мало и соответственно мало возрастет ток. Поэтому при значительном уменьшении МДС и магнитного потока двигателя его сила тяги резко уменьшится. Этот способ непригоден для основной группировки, когда последовательно соединены только два двигателя. Ослабление возбуждения одного из них вызывает большой прирост тока и силы тяги второго двигателя, тогда как сила тяги первого уменьшается мало.

Эффективен способ защиты от боксования замыканием уравнительного соединения между якорями и обмотками возбуждения двигателей, примененный на электровозах ВЛ10. При боксовании двигателя в одной из параллельных цепей происходит рост тока возбуждения двигателей этой цепи и падение тока в цепи их якорей. Этот способ можно использовать и для защиты от юза при электрическом торможении.

Защита с помощью уравнительных соединений может быть выполнена со встречно включенными диодами (схема 4). Число последовательно включенных диодов в уравнительном соединении выбирают так, чтобы их суммарное пороговое напряжение было несколько выше возможной разности потенциалов точек их подключения, возникающей вследствие отклонений сопротивлений параллельных цепей обмоток возбуждения и неравномерности токов в нормальном режиме работы.

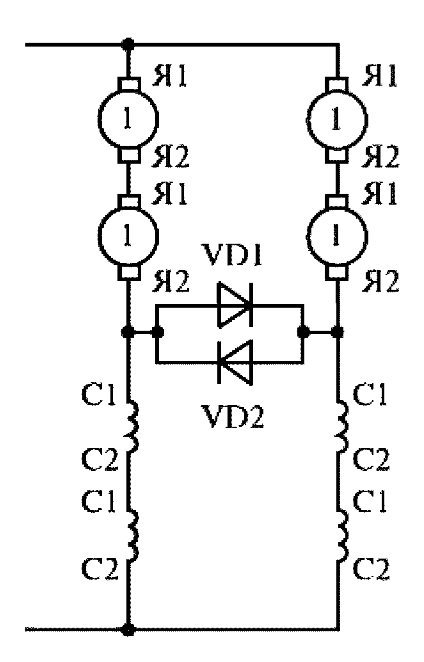


Схема 4. Схема уравнительного соединения

На электропоездах обычно не устанавливают песочниц, и защита от боксования и юза осуществляется средствами регулирования силы тяги и торможения. На моторных вагонах реле боксования фиксирует достигнутую ступень пуска, пока скорость поезда не повысится, а ток и сила тяги двигателей данного моторного вагона не понизятся настолько, что боксование прекратится. Тот же результат достигается понижением уставки реле ускорения. В этом случае также прекращается автоматический пуск на моторном вагоне, где началось боксование колесной пары, до тех пор пока ток двигателей не достигнет пониженной уставки реле ускорения. Аналогично действует и реле юза при электрическом торможении.

Особенно способствует развитию боксования автоматический пуск при плавном фазовом или импульсном регулировании. Если не приняты специальные меры, то быстродействующее импульсное регулирование способно поддерживать пусковой ток неизменным и при начавшемся боксовании, интенсифицируя его. Требуется не менее быстродействующая электронная система защиты, прекращающая дальнейшее регулирование до восстановления сцепления колесных пар. Полезно вводить устройства, ограничивающие быстродействие системы регулирования. Это относится и к автоматическому регулированию при электрическом торможении электропоездов.

Реле боксования тепловоза

Тепловозы снабжают реле боксования, которые, управляя переключениями в электрической схеме, стремятся прекратить боксование колесных пар. На каждой секции тепловозов ТЭЗ, 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В устанавливают по три реле боксования. На современных тепловозах их объединяют в блок боксования (рис. 65) и закрывают защитной крышкой. Каждое реле боксования «следит» за частотой вращения одной из трех групп тяговых электродвигателей.

Реле боксования состоит из ярма, электромагнитной катушки, поворачивающегося вокруг своей оси якоря с двумя подвижными контактами в его верхней части. Нижний конец якоря оттягивается пружиной, при этом замыкается подвижный контакт с неподвижным задним контактом.

На нижнем же конце якоря укреплен плунжер против сердечника катушки. При боксовании колесной пары по катушке проходит ток, ее сердечник намагничивается и притягивает плунжер.

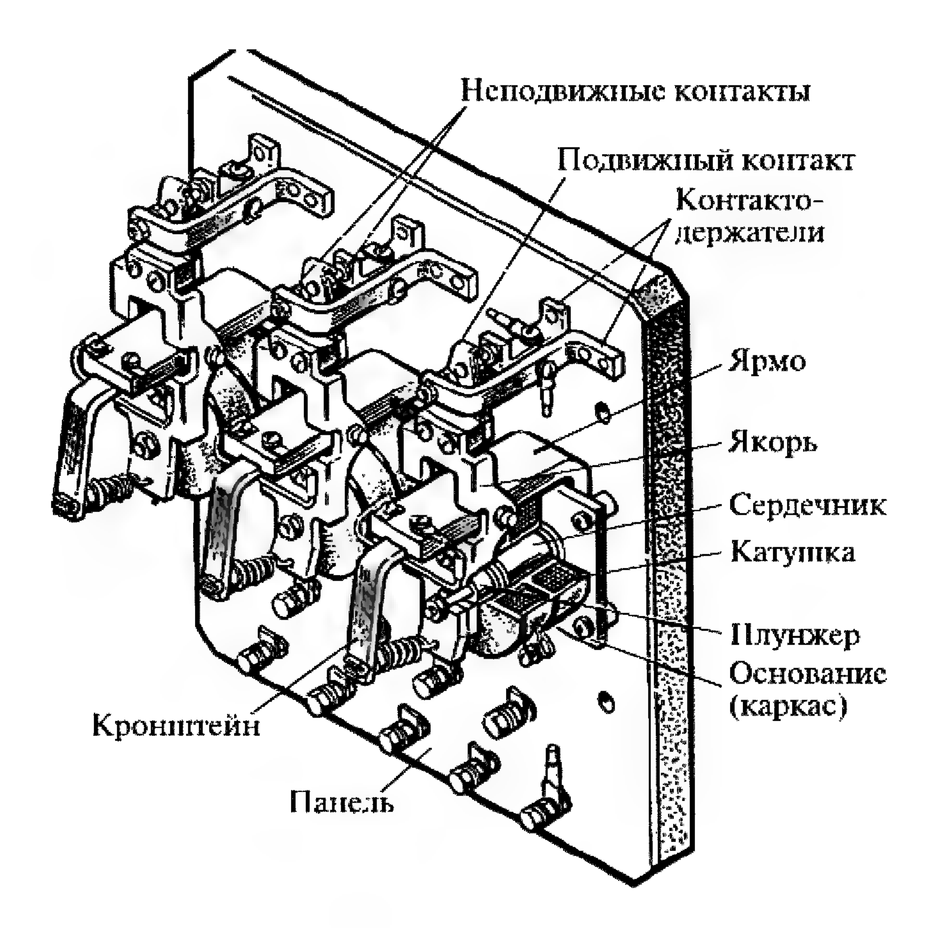


Рис. 65. Блок реле боксования

Якорь поворачивается, преодолевая натяжение пружины, подвижный контакт отходит от заднего неподвижного и замыкается с передним неподвижным контактом. В цепях управления тепловозом происходят переключения, приводящие к снижению возбуждения тягового генератора и силы тока в тяговых двигателях для прекращения боксования. Кроме того, замыкается цепь сигнального зуммера, оповещающего о боксовании.

Посмотрим, как включена катушка реле боксования и почему в ней при боксовании появляется ток.

На тепловозе ТЭЗ параллельно двум тяговым электродвигателям каждой группы, соединенным последовательно, включены два одинаковых резистора СРБ (рис. 66, а).

Один конец катушки реле боксования РБ подсоединяется между тяговыми электродвигателями в точке b, другой — между двумя резисторами СРБ в точке с. Напряжение, подведенное к точкам а и d, где соединяются цепи тяговых двигателей и резисторов реле боксования, падает двумя равными частями на каждом из двигателей и на каждом из резисторов. Электрические потенциалы точек подключения зажимов катушки реле боксования будут одинаковы, и по катушке реле ток не проходит.

Положение изменяется, когда одна из колесных пар начинает боксовать. Например, боксует первая колесная пара. Якорь тягового электродвигателя 1 вращается с повышенной частотой. Э.д.с. первого двигателя увеличивается, следовательно, возрастает и падение напряжения на нем. На электродвигателе 6 падение напряжения уменьшается, так как сумма падений напряжений на обоих двигателях остается равной напряжению генератора. Поэтому электрический потенциал точки b понижается. Цепь тока через резисторы СРБ остается прежней, электрический потенциал точки с практически не изменился. Таким образом, возникает разность электрических потенциалов точек подключения зажимов катушки реле боксования. Через катушку потечет ток от точки с более высоким потенциалом к точке с более низким потенциалом, как показано на рис. 66, б.

При срабатывании реле боксования на тепловозе ТЭЗ его размыкающий блокировочный контакт (подвижный и задний неподвижный контакты) разрывает электрическую цепь катушки контактора возбуждения возбудителя. Контактор отключается, возбуждение возбудителя и, следовательно, тягового генератора рез-

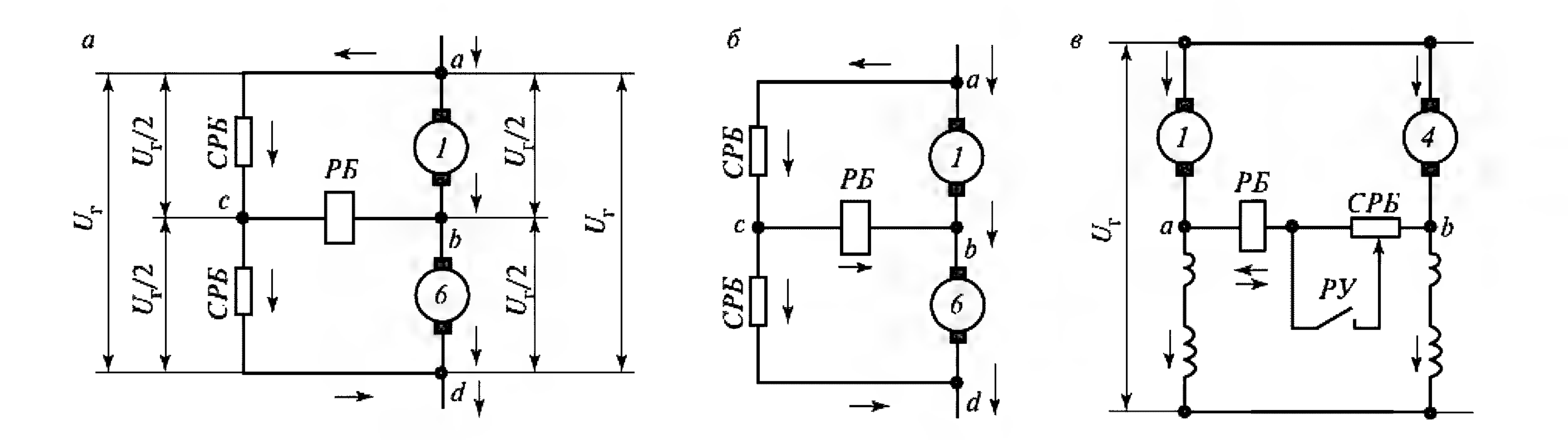


Рис. 66. Схемы включения катушки реле боксования:
а — на тепловозе ТЭ3 при устойчивой работе тяговых двигателей; б — при боксовании первого электродвигателя на тепловозе ТЭ3; в — на тепловозе 2ТЭ10В

ко уменьшается. Ток в силовой цепи снижается, что способствует прекращению боксования.

После прекращения боксования электрические потенциалы точек подключения катушки реле выравниваются, ток в катушке исчезает, реле отключается. Его размыкающий блокировочный контакт восстанавливает цепь катушки контактора возбуждения возбудителя. Контактор включается, возбудитель и генератор тепловоза получают полное возбуждение.

Замыкающий блокировочный контакт реле (подвижный и передний неподвижный контакты) управляет цепью питания звукового сигнала боксования.

Благодаря алюминиевому якорю реле боксования имеет незамкнутую магнитную систему. При срабатывании реле общий воздушный зазор в магнитной системе и, следовательно, магнитный поток в ней изменяются незначительно. Кроме того, торец плунжера имеет латунный диск, предупреждающий «прилипание» плунжера к сердечнику, то есть удержание его силой остаточного магнетизма. Благодаря этим мерам для отпадания якоря реле достаточно небольшого уменьшения тока в катушке. Поэтому снижение боксования колесных пар приводит к быстрому отключению реле и восстановлению мощности генератора и силы тяги локомотива.

Условия боксования после уменьшения возбуждения генератора могут сохраниться. Это приведет к повторным срабатываниям реле. Машинист должен принять меры для прекращения боксования. Следует перевести рукоятку контроллера на более низкие позиции и подать под колеса песок.

На тепловозах 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В мощностью 2010 кВт (3000 л.с.) в секции применена параллельная схема включения всех тяговых электродвигателей. В этом случае зажимы катушки каждого реле боксования присоединяются к минусовым выводам якорей двух тяговых электродвигателей попарно: первое реле к 1 и 4-му двигателям, второе реле ко 2 и 5-му двигателям, третье реле к 3 и 6-му двигателям.

При боксовании одной из двух колесных пар в связи с уменьшением тока и падения напряжения на обмотках главных и добавочных полюсов двигателя этой колесной пары по сравнению с двигателем небоксующей колесной пары образуется разность потенциалов точек подключения катушки реле, и по ней проходит ток, вызывающий срабатывание реле (рис. 66, в). Сработавшее реле боксования включает два реле управления, обеспечивающие необхо-

димые переключения в цепях возбуждения для снижения мощности тягового генератора приблизительно на 85–90%. Одновременно реле управления включает зуммер боксования. После прекращения боксования электрическая схема тепловоза производит автоматическое ступенчатое повышение мощности генератора. При этом уменьшается возможность повторного боксования колесных пар, исключаются неблагоприятные для тяговых электрических машин резкие колебания мощности. Кроме того, постепенное нагружение дизеля с высоким газотурбинным наддувом снижает дымность выпускных газов, предупреждает перегрев деталей.

Реле боксования — электрический аппарат, предназначенный для защиты локомотива от боксования или юза колесных пар. Оно срабатывает также и при неисправностях тягового привода локомотива.

Особенность работы тягового двигателя последовательного возбуждения заключается в резком увеличении частоты вращения якоря при боксовании одной из колесных пар. Это приводит к работе двигателя вразнос. Если не принять своевременных мер по прекращению проскальзывания колеса, то напряжение на двигателе может возрасти до недопустимых значений, что приводит к нарушению коммутации, искрению под щетками, образованию кругового огня и перебросу дуги на корпус двигателя. Прекращение боксования неизбежно приводит к динамическому удару в двигателе и зубчатой передаче тягового привода.

На электровозах и электропоездах постоянного тока реле боксования включают в цепь якорей тяговых двигателей по мостовой схеме (рис. 67, а), собранной из якорей двух тяговых двигателей и двух высокоомных резисторов. При отсутствии боксования частота вращения якорей 1 и 2 одинакова и напряжение на двигателях

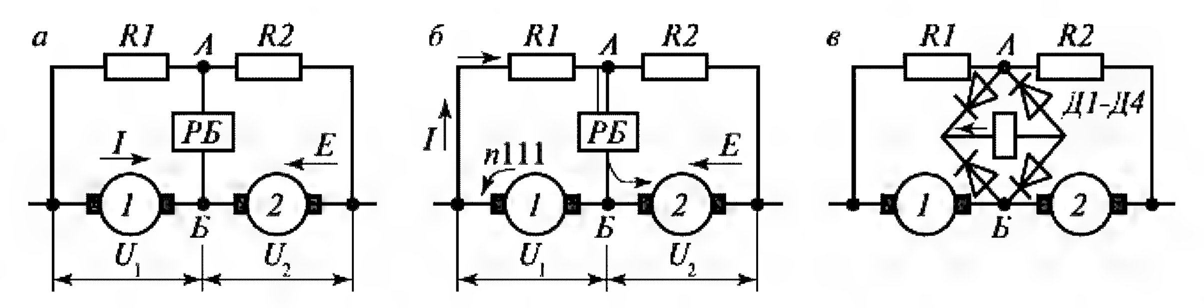


Рис. 67. Схема работы реле боксования в нормальном режиме (а), при боксовании первой колесной пары (б), реле РБ-4М (в)

распределяется поровну: $U_1 = U_2$. Потенциалы точек А и Б будут равны, и ток по катушке РБ не протекает. При боксовании двигателя 1 (рис. 67, б) резко увеличиваются его противо-ЭДС и напряжение. Это приводит к разнице потенциалов, и ток начинает протекать «в обход» боксующего двигателя через резистор R1, точку А, катушку РБ, точку Б, якорь 2 двигателя и далее по цепи. Реле включается и своими блок-контактами переключает цепи управления, сигнализируя машинисту о боксовании. При боксовании второго тягового двигателя ток будет протекать от точки Б через катушку РБ и резистор R2.

Главный недостаток при включении катушки РБ по мостовой схеме заключается в следующем: в силовой цепи потенциалы точек А и Б (рис. 67, в) равны только теоретически. В условиях эксплуатации (из-за технологических отклонений при сборке тягового двигателя, содержания колесных пар, разброса омического сопротивления резисторов) потенциалы точек всегда различны. Это приводит к протеканию между ними тока по катушке РБ даже в нормальном режиме.

При боксовании колесной пары реле РБ в одном случае сработает быстрее, в другом — медленнее. Замедленное срабатывание реле может привести к тяжелым последствиям для двигателя. Чтобы устранить данное явление, в конструкции силовых цепей применяют различные схемы обнаружения и защиты от боксования, заменяют электромагнитные реле электронными блоками.

На электровозах серии ЧС7 применяют как механические реле, так и электронные блоки. Конструктивно реле боксования выполнено с двумя якорями: первый срабатывает при напряжении 50 В, что приводит к автоматическому сбросу ПБК3О, подаче песка под колесные пары и включению сигнализации. При разносном боксовании срабатывает второй якорь, что вызывает срабатывание реле 806, отключение контактора 479 и быстродействующего выключателя 021.

Реле боксования РБ-4М

Назначение: реле боксования РБ-4М предназначено для сигнализации о боксовании колесных пар электровоза и автоматической подачи песка.

Технические данные:

Номинальное напряжение силовой цепи, В 3000
Номинальное напряжение контактов, В 50

Номинальный ток контактов, А 5
Сопротивление катушки при температуре 20° С, Ом 2900
Наименьшая разность напряжений, при которой
реле срабатывает (ток 0,007–0,0075 А), В 20,3–21,75
Ток отпадания якоря, А 0,0045–0,00525
Число контактов (замыкающих) 1
Разрыв контактов, мм 0,7–1,0
Провал контактов, мм 0,7–1,0
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц
для испытания изоляции в течение 1 мин:
силовой цепи, В 9500
цепи управления, В 1500
Масса, кг 4,6

Конструкция реле боксования представлена на рис. 68.

Принцип действия и регулировка реле. При боксовании колесной пары напряжение на якоре двигателя, связанного с боксующей колесной парой, возрастает. При этом нарушается равновесие мос-

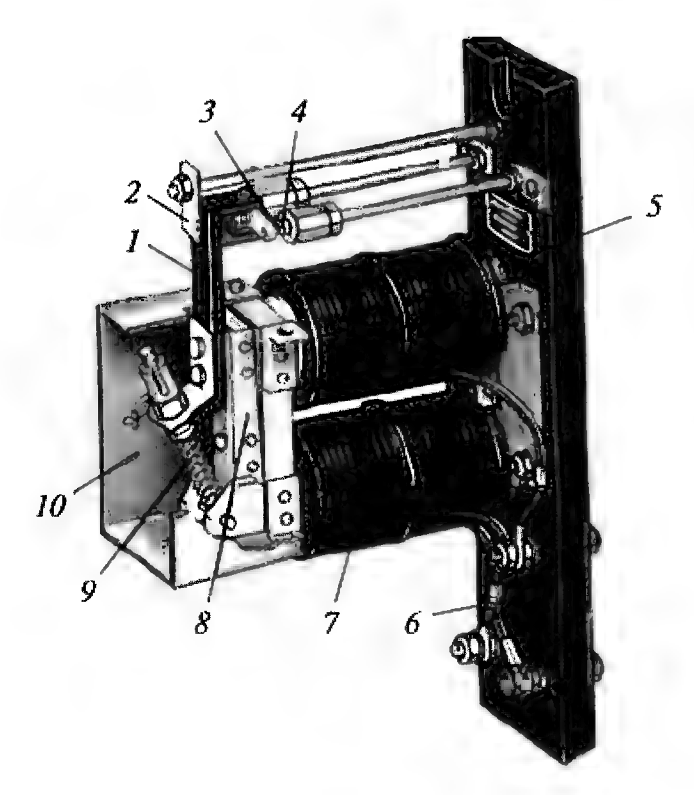


Рис. 68. Реле боксования РБ-4М:
1 — изоляционная планка; 2 — ограничитель хода якоря; 3 — подвижные блокировочные контакты; 4 — неподвижные блокировочные контакты; 5 — магнитопровод; 6 — изоляционная панель; 7 — катушка; 8 — якорь; 9 — регулируемая пружина; 10 — кожух

та и по катушке течет ток, магнитный поток от которого создает усилие, достаточное для преодоления нажатия пружины и притягивания якоря реле. С прекращением боксования колесной пары якорь реле отпадает. В результате того, что катушка реле боксования включена в мост из полупроводниковых элементов, ток в ней протекает в одном и том же направлении независимо от того, какая в данный момент боксует колесная пара (например, связанная с двигателем 1 или 2). При этом отсутствует перемагничивание магнитопровода реле, благодаря чему повышается его чувствительность.

При регулировке реле, изменяя натяжение пружины, добиваются притяжения якоря к сердечнику при токе 0,007–0,0075 А, который соответствует напряжению на катушке 20,3–21,75 В при работе реле в цепи электровоза. Разрыв и провал контактов реле проверяют при пуске электровоза в эксплуатацию, техническом обслуживании ТО-3 и текущих ремонтах.

Датчик боксования ДБ-018

Начиная с электровоза ВЛ10-1121 выпуска НЭВЗ и электровоза ВЛ10-1740 выпуска ТЭВЗ применена усовершенствованная противобоксовочная защита (УПБЗ) — с датчиком боксования ДБ-018 вместо реле РБ-4М.

Назначение: датчик боксования ДБ-018 предназначен для обнаружения боксования одного из двух последовательно включенных тяговых двигателей электровоза.

Технические данные:

Номинальное напряжение:
силовые цепи, В 3000
цепи управления, В 50
Напряжение динамической уставки, В 30
Напряжение статической уставки, В .... 90±4,5
Напряжение питания постоянного тока (зажимы 1–4), В 50
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц (для испытания изоляции между выводами 1 или 2 и шиной в течение 1 мин), В 9500
Масса, кг 7

Конструкция и принцип работы. Датчик боксования имеет две уставки: статическую и динамическую. Статическая уставка определяется значением приращения напряжения на тяговом двигателе проскальзывающей колесной пары в момент срабатывания дат-

чика, а динамическая — быстротой развития боксования, то есть скоростью увеличения напряжения на этом двигателе.

В датчике применены бесконтактные полупроводниковые приборы и быстродействующее электромагнитное реле. Благодаря этому датчик обладает достаточным быстродействием и высоким коэффициентом возврата. Восемь пар контактов реле используются в цепях управления противобоксовочными устройствами. Датчик боксования (рис. 69) подключают в диагональ уравновешенно-

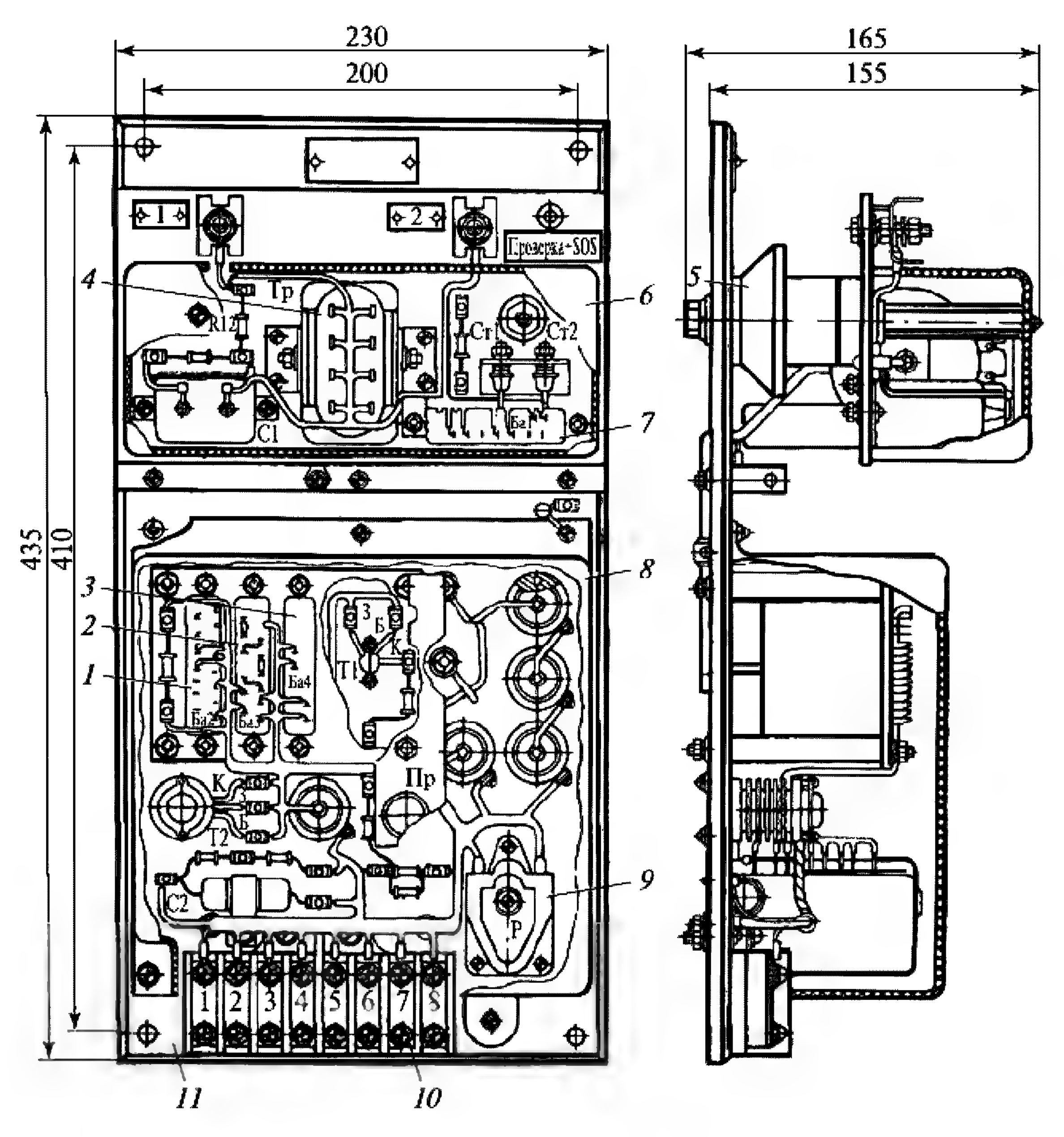


Рис. 69. Датчик боксования (нет расшифровки цифровых выносов)

го моста, плечами которого являются якоря двух последовательно включенных тяговых двигателей М1, М2 и резисторы R1, R2 с активным сопротивлением. Конструктивно резисторы вынесены на отдельную панель.

Датчик боксования состоит из контрольного и исполнительного органов. Контрольный орган собран по схеме преобразователя постоянного напряжения (ППН) с подключенными на входе встречно стабилитронами Ст1 и Ст2 и конденсатором СУ. ППН состоит из двух кремниевых транзисторов, трансформатора Тр. и выпрямительного моста, фиксирующего полярность входного сигнала. Он преобразует постоянное напряжение в переменное прямоугольной формы и разделяет цепи тяговых двигателей и цепи управления электровозов.

При отсутствии боксования разность потенциалов в диагонали моста, вызванная расхождением характеристик тяговых двигателей, технологическим разбросом значений сопротивлений резисторов в плечах моста и разностью диаметров бандажей колесных пар, недостаточна для создания на выходе ППН напряжения, соответствующего статической уставке датчика (рис. 70).

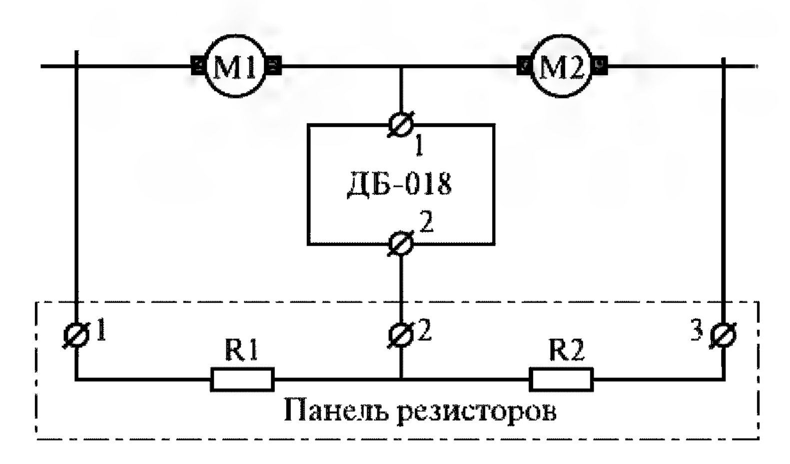


Рис. 70. Схема включения датчика боксования ДБ-018 в цепь тяговых двигателей

Раздел 4. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

4.1. Переходной реактор

Переходной реактор ПРА-48

Назначение: переходной реактор предназначен для ограничения токов короткого замыкания секций тягового трансформатора при переходах с одной позиции регулировки на другую и деления напряжения при работе электровоза на переходных позициях главного контроллера.

Технические данные:

Номинальный ток, А 1270
Часовой ток ветви, А 350
10-минутный ток ветви, А 1900
Номинальное напряжение изоляции, В 1500
Индуктивное сопротивление ветви, Ом 0,12
Активное сопротивление ветви при +20 °С, Ом 0,0017
Охлаждение .... естественное воздушное
Масса, кг 450

Конструкция: переходной реактор ПРА-48 представляет собой комплект двух реакторов, каждый из которых работает самостоятельно в одном из плеч вторичной обмотки трансформатора. Каждый отдельный реактор состоит из четырех спиральных катушек (рис. 71), намотанных из двух параллельных алюминиевых шин сечением 8×60 мм с зазором между шинами 7 мм. Каждая катушка в восьми местах стянута бандажами из стеклоленты. Комплект из четырех катушек пропитывается лаком ПЭ-933Л.

Для уменьшения потоков рассеяния в торцовых частях каждого реактора расположены экранирующие пакеты, шихтованные из электротехнической стали 2212 (ГОСТ 21427.2-75) толщиной 0,5 мм. Оба комплекта катушек устанавливаются на основании из гетинакса толщиной 30 мм и в осевом направлении стянуты восемью шпильками из дюралюминиевого сплава. Для предотвращения попадания между витками посторонних предметов над верх-

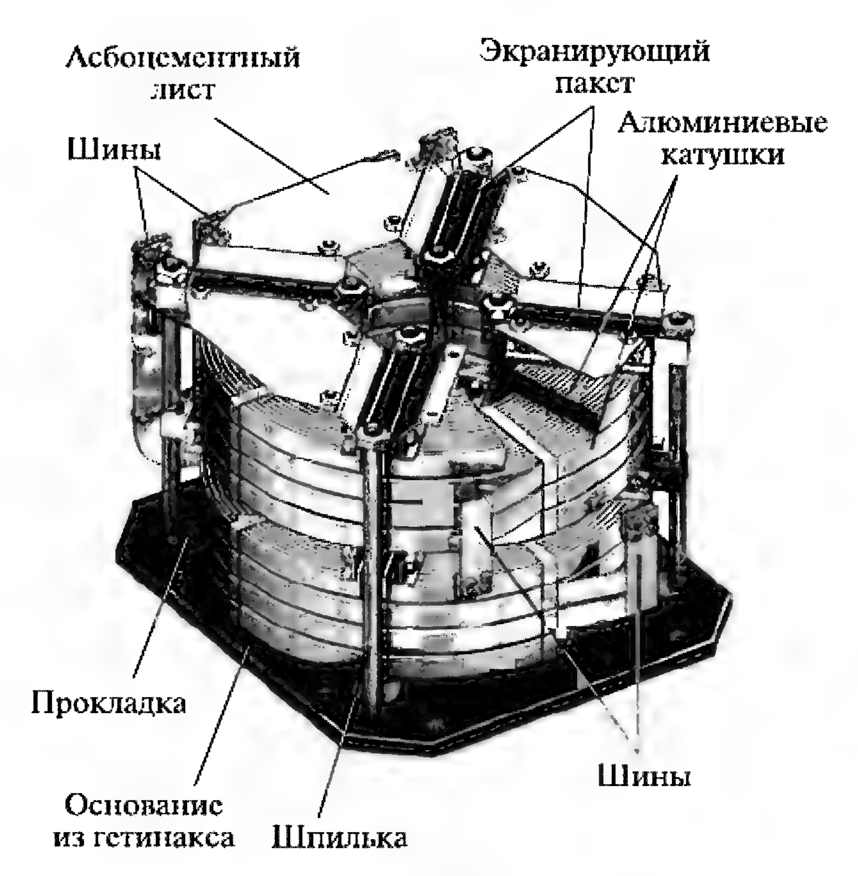


Рис. 71. Переходной реактор ПРА-48

ним комплектом катушек укреплены листы из асбоцементной доски толщиной 12 мм (ГОСТ 4248-78).

Принцип действия: переключение происходит следующим образом.

ПРА обоими выводами подключается к одной отпайке №3, и ток нагрузки делится пополам между полуобмотками реактора, каждая полуобмотка создает свой магнитный поток. Суммарный магнитный поток реактора в этом случае будет равен нулю, так как ток в полуобмотках направлен встречно, из-за чего индуктивность реактора равна нулю, то есть он не оказывает сопротивления для протекания тока. ПРА работает как делитель тока.

Один вывод ПРА подключается к отпайке №4, а другой остается подключенным к отпайке №3, при этом ПРА работает как делитель напряжения, так как напряжение начинает воздействовать на половину напряжения секций, 145/2 = 72,5 В. Через ПРА протекает ток нагрузки и ток короткозамкнутой обмотки, при этом возникает неравенство токов в полуобмотках ПРА, появляется на-

правленный магнитный поток, который резко увеличивает индуктивное сопротивление реактора, которое ограничивает ток короткого замыкания. Из-за протекания тока короткого замыкания по ПРА его катушки нагреваются.

4.2. Сглаживающий фильтр

Назначение: сглаживающий фильтр — это устройство, предназначенное для уменьшения пульсаций, возникающих в электрической цепи в результате преобразования переменного тока в постоянный. Фильтр включается между выпрямляющими элементами и нагрузкой.

Технические данные:

Габаритные размеры, мм	915×560×672
Масса, кг	800
Часовый ток, А	1850
Сечение провода обмотки, $мм^2$	4×65
Число витков	70
Номинальное напряжение, В	1500
Количество охлаждающего воздуха, $м^3$/мин	50
Индуктивность, мГн	5,8

Конструкция сглаживающего фильтра (рис. 72). Сглаживающий фильтр состоит из шихтованного круглого магнитопровода и катушки. Магнитопровод набран из отдельных шихтованных пакетов (из шести листов различной ширины), стянутых и изолированных снаружи стеклопластиком (толщиной 7 мм). Катушка намотана из медной шины (сечением 4×65 мм) на узкое ребро и имеет 70 витков. Между витками катушки снизу закладывается лента из электронита, сложенная вдвое с разрезами.

При сборке сглаживающего реактора катушка одевается на изолированный сердечник. Затем сердечник с катушкой закрепляется между двумя гетинаксовыми боковинами (толщиной 50 мм), которые стягиваются между собой пятью алюминиевыми шпильками (четырьмя шпильками М24 по углам и средняя шпилька М30 внутри с алюминиевыми конусами на концах). При этом через боковые изоляционные кольца сжимаются через изоляцию.

Принцип действия. Принцип работы сглаживающего реактора основан на явлении самоиндукции. При нарастании пульсирующего тока в катушках сглаживающих реакторов наводится ЭДС

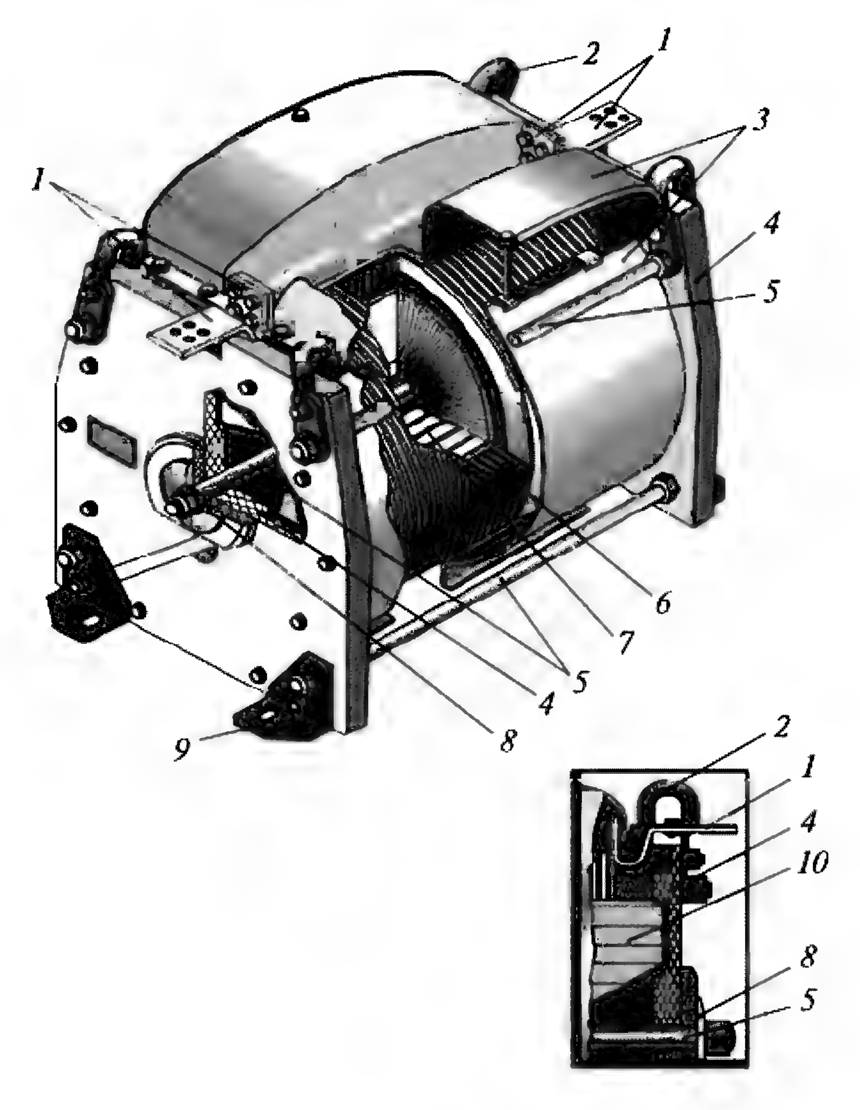


Рис. 72. Сглаживающий фильтр:
1 — шины, 2 — скоба, 3 — кожух, 4 — боковина, 5 — шпилька, 6 — катушки, 7 — магнитопровод, 8 — шайба, 9 — уголок, 10 — экранирующий пакет

самоиндукции, направленная по правилу Ленца встречно нарастающему току, и не дает ему сразу увеличиться до максимального значения.

При убывании пульсирующего тока ЭДС самоиндукции направлена согласно с убывающим током и по правилу Ленца не дает току сразу уменьшиться до нулевого значения.

В результате в цепи ТЭД с последовательно включенными сглаживающими реакторами значительно уменьшается переменная составляющая пульсирующего тока, что способствует улучшению коммутации ТЭД.

4.3. Индуктивный шунт

Индуктивный шунт ИШ-95

Назначение: индуктивный шунт предназначен для улучшения коммутации двигателя при переходных процессах и для распределения токов между цепью двигателя и шунтирующим резистором.

Технические данные ИШ-95:

Номинальное напряжение изоляции, В .... 2000 В
Номинальный ток ветви, А .... 520 А
Начальная индуктивность при переменном токе
до 100 А частоты 50 Гц, не менее, мГн 2
Индуктивность при подмагничивании током 520 А,
не менее, мГн 1,5
Активное сопротивление при +20 °С, Ом 0,0051
Тепловые потери при +20 °С, кВт 1,4
Охлаждение .... воздушное принудительное
Расход охлаждающего воздуха, м^3/мин 20
Масса, кг 110

Конструкция: индуктивный шунт типа ИШ-95 (рис. 73) состоит из катушки (магнитопровод и обмотка), которая размещается между двух боковин, стянутых тремя шпильками. Магнитопровод ка-

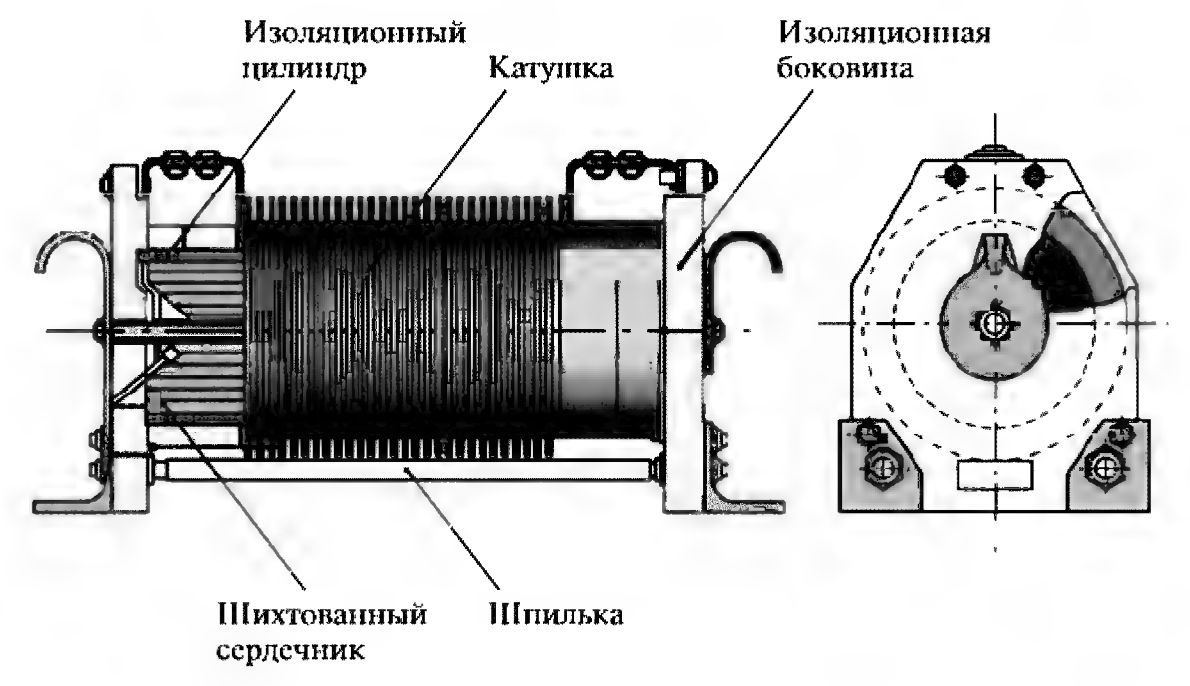


Рис. 73. Индуктивный шунт

тушки шихтован радиально из пластин электротехнической стали с изоляционным термостойким покрытием толщиной 0,5 мм. Обмотка катушки выполнена из медной ленты размером 3×45 мм, намотанной на ребро с зазором между витками 2 мм. Витковая изоляция — электронит, толщиной 1 мм.

Принцип действия: если при движении электровоза на высоких позициях с применением ослабления возбуждения для ТЭД произойдет кратковременный отрыв токоприемника от контактного провода, то это вызовет уменьшение тока в первичной обмотке тягового трансформатора, что в свою очередь приведет к уменьшению магнитного потока в сердечнике и, следовательно, к уменьшению напряжения на вторичных обмотках, а значит и на зажимах самих ТЭД. Значительное снижение напряжения на ТЭД приводит к исчезновению тока и магнитного потока ТЭД, а значит, в соответствии с формулой $EC = \cdot n \cdot \Phi$, и к уменьшению противо-ЭДС в обмотках якоря практически до нуля. В результате восстановления контакта токоприемника с контактным проводом при отсутствии индуктивных шунтов через тяговые двигатели начнет протекать большой нарастающий ток якоря. При наличии в схеме индуктивных шунтов току якоря со стороны индуктивных шунтов оказывается значительное индуктивное сопротивление (превышающее индуктивное сопротивление собственной обмотки возбуждения самого ТЭД), вызванное появлением ЭДС самоиндукции индуктивного шунта $E_{ш}$, в результате большая часть нарастающего тока якоря пойдет через обмотку возбуждения. За счет этого происходит быстрое увеличение магнитного потока двигателя $\Phi_{дв}$ и противо-ЭДС якорных обмоток ТЭД (в соответствии с формулой $EC = \cdot n \cdot \Phi$) также быстро возрастает, ограничивая нарастание тока в якорных обмотках. За счет этого кругового огня по коллектору в ТЭД не произойдет.

Раздел 5. АППАРАТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

5.1. Реле ускорения

Реле ускорения и торможения Р-40

Назначение: реле ускорения и торможения Р-40 предназначено для автоматического управления работой силового реостатного контроллера в зависимости от тягового тока и тем самым осуществляет автоматический разгон поезда.

Технические данные:

Контакты:
- количество размыкающих контактов 1
- раствор, мм 1,5–2
- нажатие, Н (кгс) 1,5 (0,15)
- ток длительный, А 1,5
- напряжение, В 110

Катушка подмагничивания:
- сопротивление при 20° С, Ом 418–475
- число витков 5900
- марка провода и его диаметр, мм .... ПЭЛ, 0,2
- длительный ток, А 0,109
- номинальное напряжение, В 110

Включающая катушка:
- провод, мм^2 .... шина МГМ 2,6×25
- число витков 6
- длительный ток, А 250
- ток включения, А 425–450
- ток отпадания якоря, А .... 365±10

Конструкция реле ускорения и торможения Р-40 представлена на рис. 74 и 75.

Принцип работы: при отсутствии магнитного потока, а также когда магнитный поток силовой и подъемной катушек не в состоянии удержать якорь в притянутом состоянии, последний под действием пружины отпадает и замыкает свой блок-контакт. Если же действие магнитного потока будет сильнее, чем пружины, то якорь реле притянется и блок-контакт разомкнется.

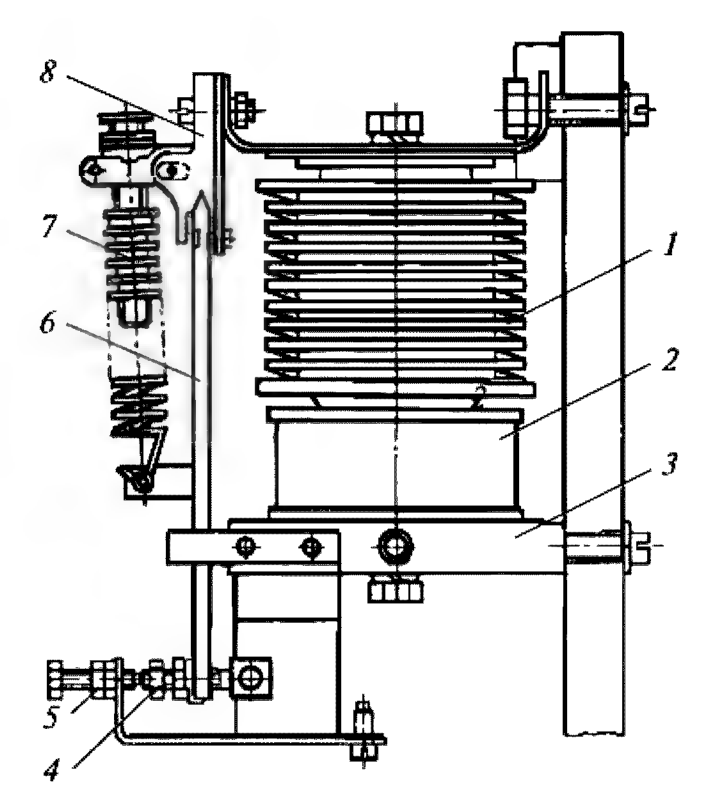


Рис. 74. Реле ускорения и торможения Р-40:
1 — силовая катушка; 2 — подъемная катушка; 3 — магнитопровод; 4 — блок-контакт; 5 — упорный винт; 6 — якорь; 7 — отключающая пружина; 8 — призма тический упор



Рис. 75. Реле ускорения и торможения Р-40 (общий вид)

Блок реле ускорения (БРУ)

Автоматический пуск поезда происходит ступенчато, путем последовательного вывода пусковых резисторов и резисторов ослабления поля. Этим процессом управляет силовой реостатный контроллер с приводом Решетова под контролем блока регулятора ускорения (БРУ). (рис. 77)

БРУ обеспечивает работу реостатного контроллера при автоматическом пуске и торможении после перехода на самовозбуждение в соответствии с заданной интенсивностью (в зависимости от положения переключателя уставки В400 1-7).

Работа схемы блока БРУ электропоезда ЭД4М (рис. 76): блок БРУ получает питание и обеспечивает переключение позиций реостатного контроллера при отсутствии боксования, юза и собранной силовой схемы электропоезда — в положениях 1–4 контроллера машиниста, а также его возврат на первую позицию при постановке контроллера машиниста в нулевое положение.

При постановке рукоятки контроллера машиниста в первое положение с положительной шины контроллера 22Г через КМ (19–20) подается питание на провод 1.

На моторном вагоне с провода 1 через контакт РУМа 1-1А, контакт РК1-13, ПЛКТ 1Б-1В, ПТП-М 1В-1М, нормально замкнутый контакт ПРБ, контакт повторителя реле юза ПРЮ 1ФА-1Ф (на электропоездах, оборудованных ДУКС; на моторных вагонах, не оборудованных ДУКС, контакт повторителя закорочен) получает питание блок реостатного ускорения БРУ. С проводом 30А отрицательной ветви цепи блок БРУ соединен через нормально замкнутый контакт РУМа и провод 30. Получив питание на провод 1Ф, БРУ сравнивает сигнал о величине тока, полученный от контроллера машиниста (по проводам 33 и 34), с фактической величиной тока в цепи якоря тягового электродвигателя ТЭД (сигнал подается с ДТЯ1). В случае, если ток в обмотке якоря больше значения заданной машинистом уставки БРУ (В400), БРУ подаст питание на вентиль РК1. При этом выведется первая ступень пускового сопротивления, и ток в якоре возрастет. Если величина тока якоря превысит уставку БРУ, то реостатный контроллер зафиксируется на данной позиции. По мере разгона ток якоря ТЭД под воздействием реакции якоря (противо-ЭДС, возникающей в якоре электрической машины при вращении) будет снижаться. Как

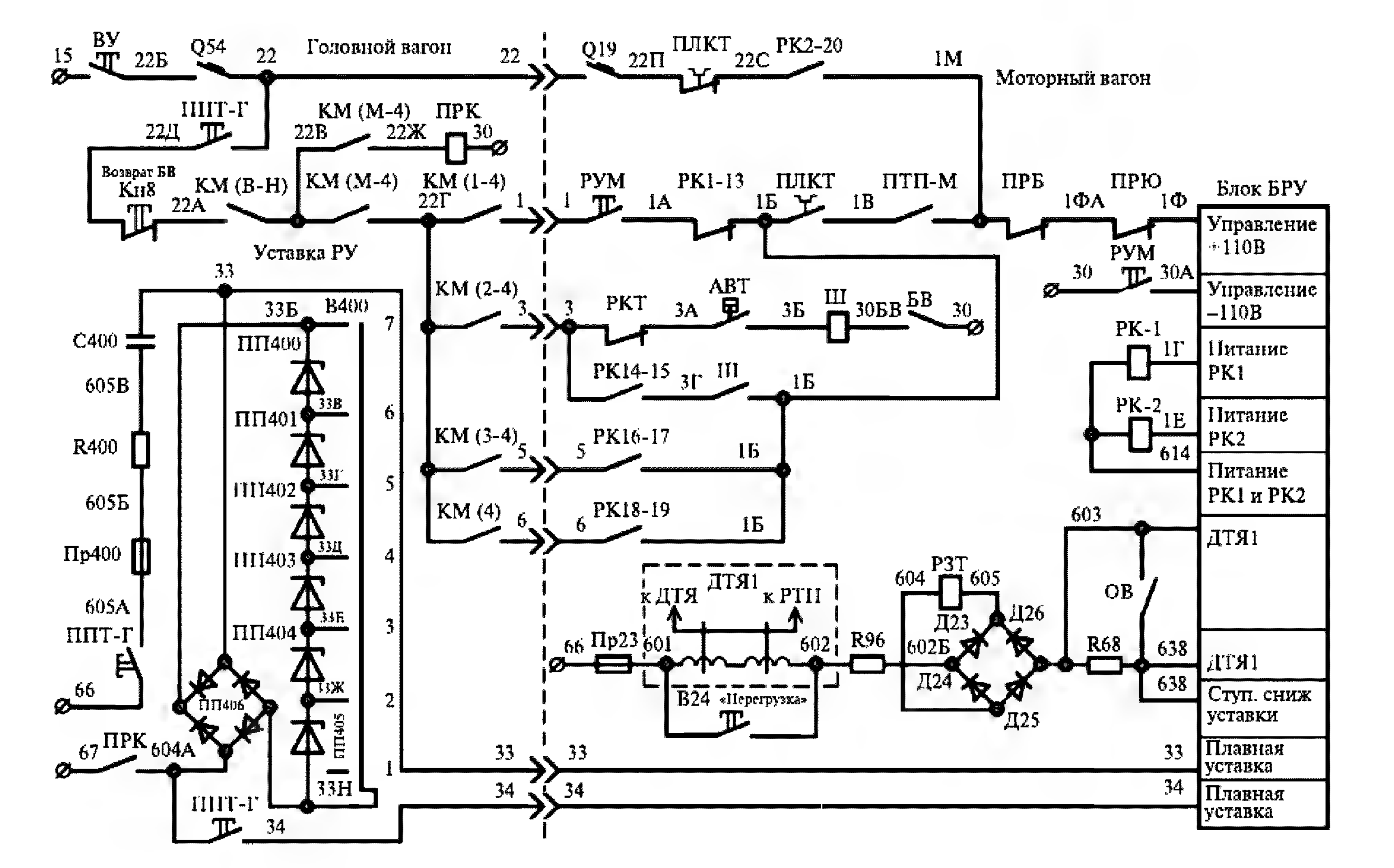


Рис. 76. ЭД4М. Схема автоматического пуска тягового режима. Положение В400 Ток в обмотке якоря ТЭД: уставка 1 — 140А, уставка 2 — 185А, уставка 3 — 230А, уставка 4 — 275А, уставка 5 — 320А, уставка 6 — 365А, уставка 7 — 410А

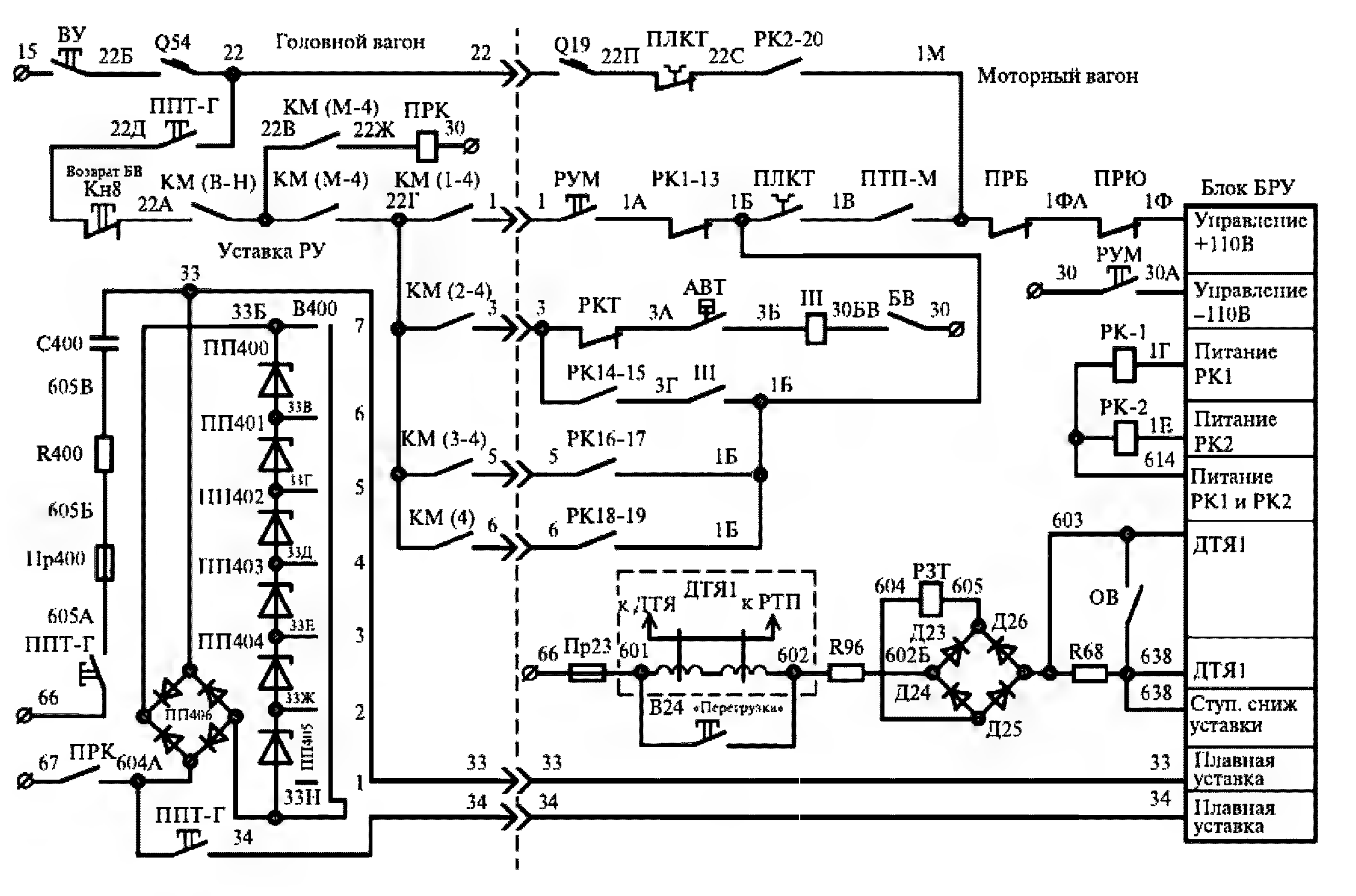


Рис. 77. Схема автоматического пуска тягового режима электропоезда ЭД4М

только ток достигнет заданной уставки В400, БРУ подаст питание на вентиль РКII и реостатный контроллер выведет следующую ступень пускового резистора. Данный процесс будет продолжаться до тех пор, пока РК не достигнет позиции 14. На этой позиции блокировка РК1-13 (провод 1А-1Б) разомкнется и снимет питание с провода 1Ф (питание БРУ). Реостатный контроллер остановится на позиции 14. Вывод пусковых сопротивлений закончится.

Пусковые резисторы соединены из-за значительных нагрузок по току последовательно-параллельно (вернерно). Выводятся резисторы переключением схемы подключения резисторов с последовательной на параллельную, с уменьшением их эквивалентного сопротивления. Это переключение выполняет реостатный контроллер (РК) с помощью силовых кулачковых контакторов 1–9.

При постановке рукоятки контроллера машиниста во второе положение с положительной шины 22Г через КМ (21-22) подается питание на провод 3. На моторном вагоне с провода 3, через нормально замкнутый контакт РКТ 3-3А и нормально замкнутый контакт автоматического выключателя торможения АВТ получает питание катушка контактора Ш ослабления поля. С отрицательной ветвью цепи катушка соединена через блокировку БВ 30БВ-30. При этом контактор Ш включается и подготавливает силовую цепь ослабления поля ТЭД. Одновременно через РК 14-15 (3-3Г) и замкнувшийся низковольтный контакт Ш 3Г-1Б подается питание на провод 1Ф. БРУ опять включается и переводит вал РК на позицию 15. При этом включается кулачковый контактор РК 10, включающий силовую схему ослабления поля ТЭД.

По мере уменьшения тока якоря ТЭД он достигнет значения заданной уставки В400 и БРУ подаст питание на вентиль РКI. Реостатный контроллер переключится на позицию 16. Разомкнется блокировка РК 14-15 (3-3Г) и, снимая питание с провода 1Ф (отключая БРУ и фиксируя РК на позиции 16), включится кулачковый контактор РК 11, вследствие чего произойдет ослабление поля ТЭД (до 43,4 %).

При постановке рукоятки контроллера машиниста в третье положение с плюсовой шины 22Г через КМ (23-24) подается питание на провод 5. На моторном вагоне с провода 5 через РК 16-17 (5-1 Б) получает питание БРУ и, контролируя ток якоря ТЭД, переключает РК на позицию 18. При этом размыкается блокиров-

ка РК 16-17 (5-1Б) и, отключая питание с провода 1Ф (отключая БРУ и фиксируя РК на позиции 18), включится кулачковый контактор РК 13, вследствие чего произойдет дальнейшее ослабление поля ТЭД (до 28,1 %).

При постановке рукоятки контроллера машиниста в четвертое положение с плюсовой шины 22Г через КМ (25-26) подается питание на провод 6. На моторном вагоне с провода 6 через РК 18-19 (6-1Б) получает питание БРУ и, контролируя ток якоря ТЭД, переключает РК на позицию 20. При этом размыкается блокировка РК 18-19 (6-1Б) и, отключая питание с провода 1Ф (отключая БРУ и фиксируя РК на позиции 20), включится кулачковый контактор РК 15, вследствие чего произойдет окончательное ослабление поля ТЭД (18,5%).

Разбирается схема тяги ступенчато. При переключении КМ из положения 4 в положение 3 отключается питание провода 6, из положения 3 в положение 2 — провода 5, из положения 2 в положение 1 — провода 3. На моторном вагоне при отключении питания провода 3 отключается вентиль контактора ослабления поля Ш, разбирая при этом цепь ослабления поля ТЭД. Ток в якорях уменьшается.

При переключении КМ из положения 1 в маневровое положение отключается питание провода 1.

При установке рукоятки КМ в нейтральное положение размыкаются блокировки 22Г-22У, отключая питание катушки КВХ. После отключения ККХ отключается питание проводов 2 и 11. При этом на моторном вагоне отключается контактор ЛК, ЛКТ и реле ПРП. При отключении ЛК и ЛКТ сила тока в обмотках якоря снизится до 0.

Контактор ЛКТ низковольтной блокировкой отключает питание ПЛКТ. ПЛКТ блокировкой 22П-22С ПЛКТ подаст питание через замкнутые контакты РК2-20 22С-1М, ПРБ 1М-1ФА, ПРЮ 1ФА-1Ф на блок БРУ, который переключит РК на позицию 1.

5.2. Реле переходов

Реле перехода

Назначение: реле перехода автоматически управляют схемой соединения и ослабления возбуждения тяговых электродвигателей. На тепловозах ТЭ1, ТЭ2, ТЭМ1 реле перехода служат для авто-

матического переключения тяговых электродвигателей с последовательного на последовательно-параллельное соединение и включения контакторов ослабления возбуждения тяговых электродвигателей.

Конструкция: реле перехода (рис. 78) имеет катушки: напряжения и тока, сердечники которых укреплены на стальной пластине, установленной на панели. К кронштейну реле крепится изоляционная планка с неподвижными контактами. На этом же кронштейне на оси установлен якорь. Якорь по концам несет два подвижных контакта и два плунжера. Подвижные контакты гибкими проводами соединены с зажимами. При обесточенном реле его якорь пружиной прижат к токовой катушке. Контакты реле разомкнуты.

Катушка напряжения каждого реле перехода включена последовательно с резисторами на выводы тягового генератора. При таком

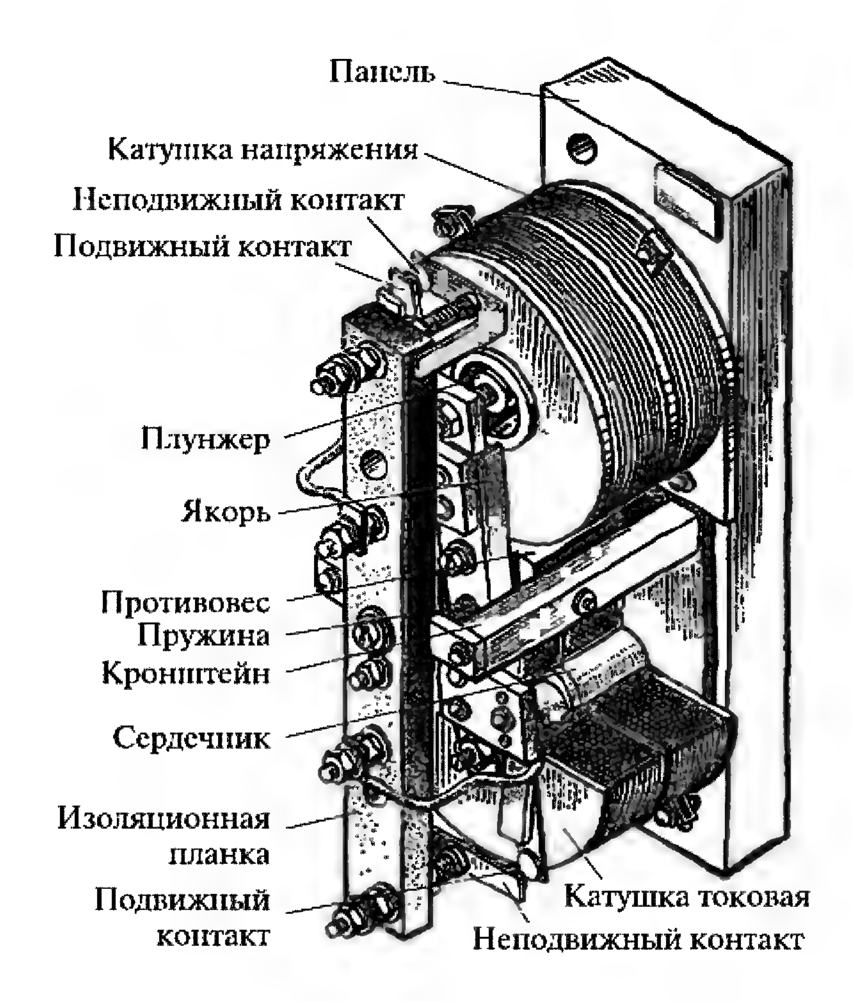


Рис. 78. Реле перехода

включении по ней проходит ток, пропорциональный напряжению генератора. Токовая катушка каждого реле перехода включена параллельно одному из участков силовой цепи. Поэтому по катушке проходит ток, пропорциональный току силовой цепи, то есть генератора.

Принцип работы: при трогании тепловоза и в начальный период разгона ток генератора достигает максимальных величин, соответственно напряжение генератора остается относительно низким. Поэтому ток в катушке напряжения реле РП1 будет небольшим, а в токовой катушке — наибольшим. Магнитный поток токовой катушки вместе с пружиной создает усилие, удерживающее притянутым к сердечнику этой катушки нижний плунжер реле. Контакты реле остаются разомкнутыми.

По мере увеличения скорости движения тепловоза ток в силовой цепи уменьшается, а напряжение генератора увеличивается в соответствии с его внешней характеристикой. Поэтому ток в катушке напряжения реле возрастает, а в токовой — уменьшается. При заданной скорости тепловоза соотношение токов в катушках реле переключения РП1 становится таким, что усилие, создаваемое магнитным потоком катушки напряжения, преодолевает сопротивление пружины реле, а также усилие токовой катушки, притягивает верхний плунжер якоря, и реле срабатывает. Нижние контакты реле замыкают цепь катушек контакторов первой ступени ослабления возбуждения на тепловозе ТЭЗ или группового контактора на тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В. Контакторы включаются и замыкают цепь резисторов первой ступени ослабления возбуждения тяговых электродвигателей тепловоза. В случае понижения скорости движения тепловоза (например, на подъеме) ток в катушке напряжения уменьшится настолько, что ее магнитный поток уже не сможет удержать якорь реле, токовая катушка притянет якорь, и реле отключится, восстанавливая полное возбуждение тяговых электродвигателей.

Когда тепловоз достигает скорости, при которой должен осуществляться переход на вторую ступень ослабления возбуждения тяговых электродвигателей, срабатывает реле РП2, обеспечивая включение второй группы контакторов ослабления возбуждения на тепловозах ТЭЗ или второго группового контактора на тепловозах 2ТЭ10Л и 2ТЭ10В.

УСТА

Назначение:

• регулирование тяговой электропередачи тепловозов в режиме тяги и электрического торможения с обеспечением параметров и защит, оговоренных техническими условиями на их поставку и другими нормативными документами;

• упрощение схемы тепловоза с электрической передачей, сокращение номенклатуры электрических аппаратов и унификации электрических схем всех серий тепловозов.

УСТА состоит из следующих основных узлов (рис. 79): блока регулирования УСТА; преобразователей напряжения измерительных ПН-1 для измерения напряжения и тока главного генератора, напряжения блока диодов сравнения (БДС), тока независимой обмотки тягового генератора.

Ядром УСТА является блок регулирования, осуществляющий сбор информации от измерительных преобразователей и контактных аппаратов, ее обработку, анализ и выдачу управляющих воз-

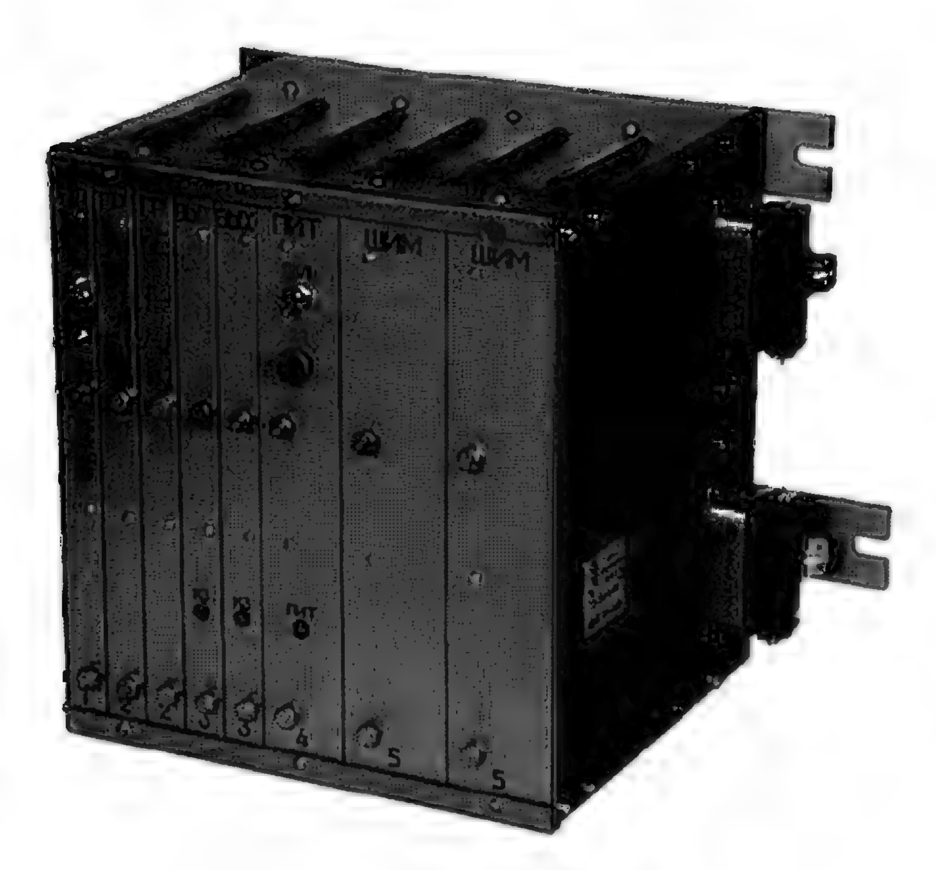


Рис. 79. УСТА

действий на исполнительные устройства (обмотки возбуждения возбудителя, катушки контакторов ослабления возбуждения тяговых электродвигателей ВШ1, ВШ2 и реле управления РУ19) в соответствии с алгоритмами программного обеспечения.

Принцип действия: блок регулирования получает питание +75 В от бортовой сети тепловоза только после запуска последнего через замыкающий контакт РУ15 и вырабатывает напряжение питания для измерительных датчиков (ДТг, ДНг, ДТвг, ДМС) ЭП2716, которое выведено на внешний разъем ХР1 блока регулирования — контакты В6 (+15 В), В7 (ОБЩ1).

Блок регулирования УСТА также вырабатывает напряжение питания индуктивного датчика. Частота напряжения питания индуктивного датчика задается программно. Индуктивный датчик подключается к внешнему разъему ХР1 блока регулирования на контакты С8 ($И_{ИД}$) и С7 ($О_{ИД}$).

Для определения состояния схемы тепловоза в блок регулирования УСТА вводятся дискретные сигналы:

- признак включения контакторов ослабления возбуждения ВШ1, ВШ2;
- признак включения контакторов КВ, ВВ;
- признак включения блок-магнитов МР1, МР2, МР3, МР4;
- признак включения тумблеров отключателей моторов ОМ1-ОМ6.

Дискретные сигналы приходят на контакты А1-А5, В1-В4 внешнего разъема ХР1 блока регулирования. Внешние дискретные сигналы гальванически развязаны от внутренних цепей блока регулирования.

Измерение напряжения и тока главного генератора, напряжения блока диодов сравнения (БДС) тока независимой обмотки тягового генератора осуществляется с помощью преобразователей напряжения измерительных ПН-1, которые гальванически развязывают и преобразуют входное напряжение в пропорциональный стандартный токовый сигнал. Пропорциональные токовые сигналы с выходов ПН-1 подаются на контакты внешнего разъема XS1.

Блок регулирования УСТА управляет включением катушек контакторов ВШ1, ВШ2 и реле управления РУ19. Реле выполняет защитные функции, его размыкающие контакты разрывают цепь питания катушек контакторов КВ, ВВ (то есть происходит сброс на-

грузки). РУ19 включается при увеличении напряжения генератора выше 850 В или при увеличении тока генератора выше 7200 А.

Управление электрическими аппаратами осуществляется с помощью транзисторных ключей путем подачи на катушку напряжения +75 В от бортовой сети тепловоза.

Все каналы (10 каналов) по цепям управления и внутренним цепям блока регулирования гальванически развязаны друг от друга.

Регулирование тяговой электрической передачи осуществляется путем изменения тока возбуждения возбудителя. Канал регулирования развязан по цепям управления и от внутренних цепей блока регулирования. Вывод «Н2» обмотки возбуждения возбудителя подключен к минусовой шине на рейку 8/20 через аварийный переключатель АР(3), а вывод «Н1» — к внешнему разъему ХР2 на контакты В1, В2 и В6, С6. Таким образом, обмотка возбуждения возбудителя стоит в цепи истока силового ключа ШИМ1. Сток этого ключа подключен (контакты С1–С4 внешнего разъема ХР2) через аварийный переключатель и силовой контакт контактора ВВ на плюсовую шину бортовой сети тепловоза (рейка 1/1…4).

Раздел 6. АППАРАТЫ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

6.1. Промежуточные реле

Назначение: промежуточные реле предназначены для автоматизации процессов управления электровозом, а также для размножения или передачи сигналов из одной цепи управления в другую.

Технические данные реле РП-280:

Номинальное напряжение катушки, В 50
Сопротивление катушки постоянному току при температуре 20 °С, Ом 156
Минимальное напряжение срабатывания реле при температуре катушки до 40 °С, В .... 25+5
Разрыв контактов, не менее, мм 4
Провал контактов, не менее, мм 2
Испытательное напряжение изоляции реле переменного тока промышленной частоты в течение 1 мин, В 2000
Масса, кг 2,5

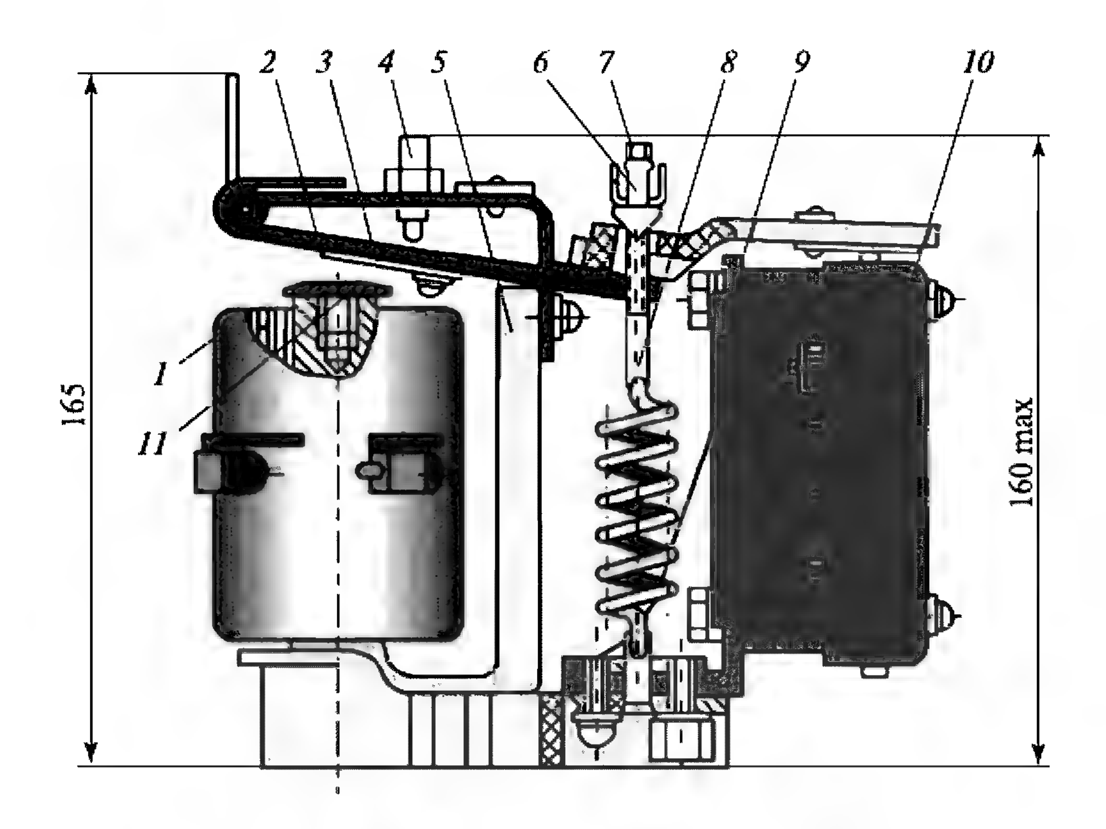
Конструкция реле РП-280 представлена на рис. 80.

Принцип действия: для включения на катушку реле подается напряжение 50 В. Тогда под действием магнитного потока катушки якорь притягивается к сердечнику и при этом планка якоря отходит вверх от штока блокировочного устройства, в результате чего под действием своей нижней сжатой возвратной пружины блокировочный шток передвигается вверх вместе с подвижными блокировочными контактами, и все контакты реле переключаются.

6.2. Реле управления

Реле управления типа ТРПУ-1

Назначение: реле управления типа ТРПУ-1 предназначены для применения в электрических цепях постоянного тока напряжением до 110 В схем управления тепловозов.



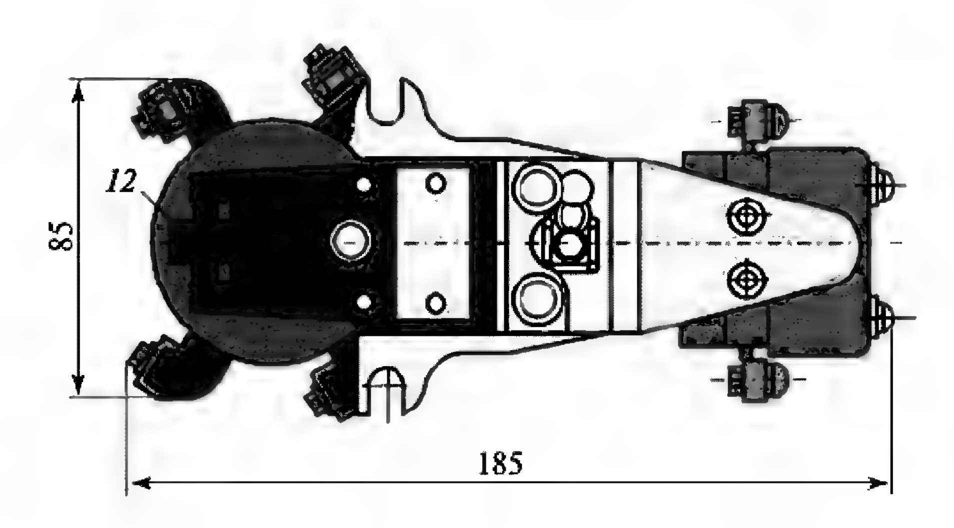


Рис. 80. Реле РП-280:

1 — изоляционное основание; 2 — якорь; 3 — немагнитная прокладка; 4 — шпилька для регулирования зазора под якорем; 5 — магнитопровод; 6 — гайка; 7 — шпилька для регулирования отключающей пружины; 8 — отключающая пружина; 9 — кронштейн для крепления блокировочных контактов; 10 — блокировочное устройство; 11 — полюсный наконечник; 12 — изоляционная планка

Техническая характеристика реле:

Номинальное напряжение, В 75
Продолжительно допустимый ток контакторов, А............ 6,0
Коммутационная способность контактов для коммутации индуктивных нагрузок:
одного контакта, А 1,2
двух последовательно включенных, А............ 2,5
Постоянная времени индуктивной нагрузки:
одного контакта, с 0,005
двух последовательно включенных, с 0,05
Диаметр провода катушки, мм............ 0,125
Число витков катушки............ 9750
Сопротивление при 20 °С, Ом 1030

Конструкция реле управления типа ТРПУ-1 представлена на рис. 81.

Принцип действия: реле работают в электрических цепях управления тепловоза и в системе регулирования возбуждением тягового генератора. Работа реле основана на электромагнитном принципе. Электромагнит клапанного типа состоит из скобы, сердечника с катушкой и плоского якоря. Ход якоря ограничивается угольником. С помощью пружины якорь возвращается в первоначальное положение. На якоре установлена пластмассовая траверса, воздействующая на подвижные пластины замыкающих и размыкающих 4 контактов. На траверсе имеются три перегородки, разделяющие вертикальные ряды контактов, что препятствует перебросу дуги при коммутации больших нагрузок двумя расположенными рядом контактами. Контактные пластины, выводы катушки и электромагнит укреплены на пластмассовом корпусе и закрыты кожухом.

При подаче напряжения на катушку реле якорь подтягивается к скобе и через траверсу осуществляет замыкание и размыкание контактов. Когда напряжение снимается с катушки, возвратная пружина возвращает якорь в исходное положение. При этом происходит размыкание замыкающих и замыкание размыкающих контактов.

6.3. Контроллеры машинистов

Контроллер машиниста КМЭ-8

Назначение: контроллер машиниста КМЭ-8 служит для дистанционного управления работой тяговых двигателей.

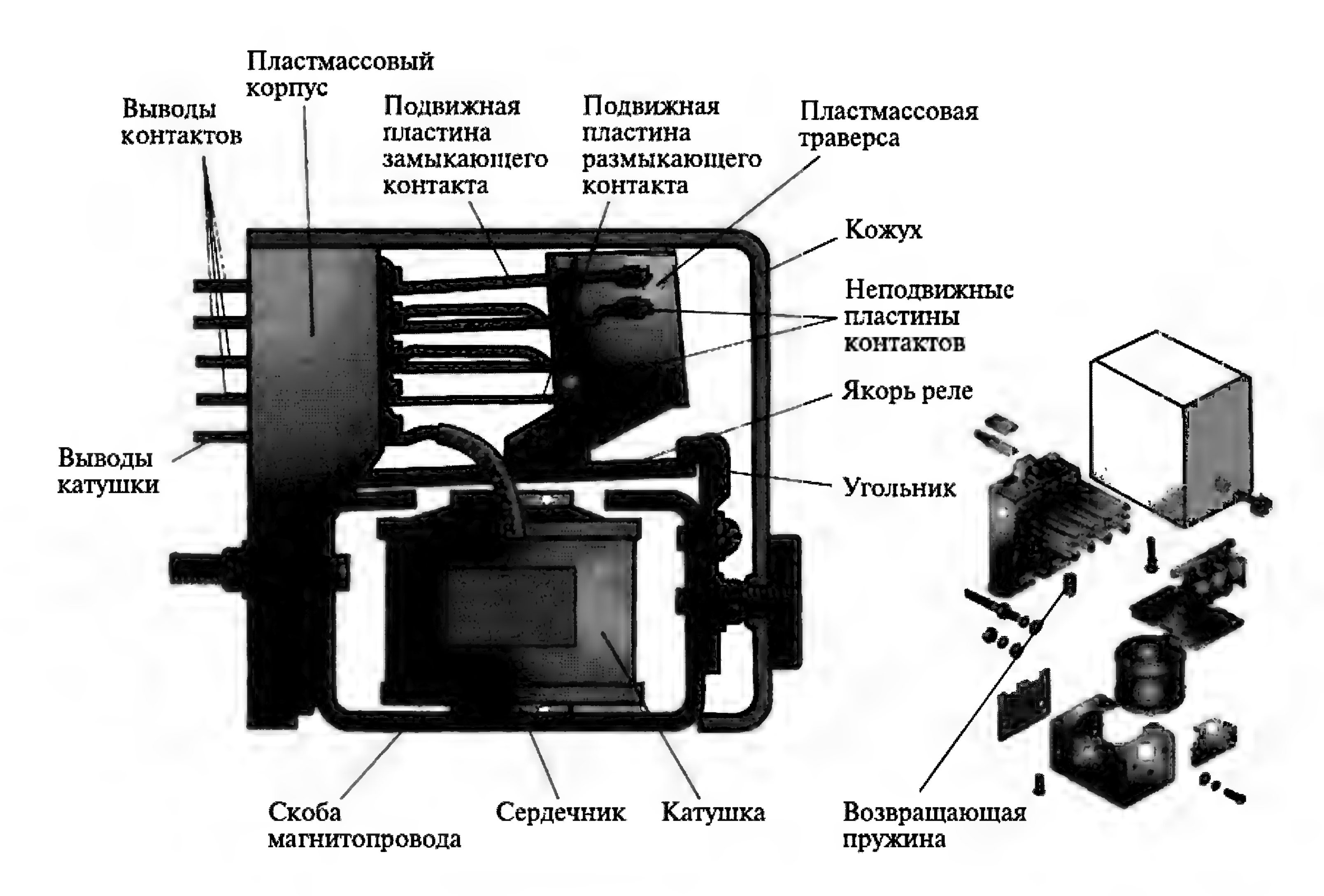


Рис. 81. Реле управления типа ТРПУ-1

Технические данные:

Номинальное напряжение, В 50
Номинальный ток контактов, А 30
Раствор контактов, мм 4-7
Провал контактов, мм 2,5-4
Нажатие контактов, кгс 0,25–0,3
Напряжение переменного тока частотой 50 Гц
для испытания изоляции в течение 1 мин, В 1500
Масса, кг 175

Конструкция контроллера машиниста КМЭ-8 представлена на рис. 82.

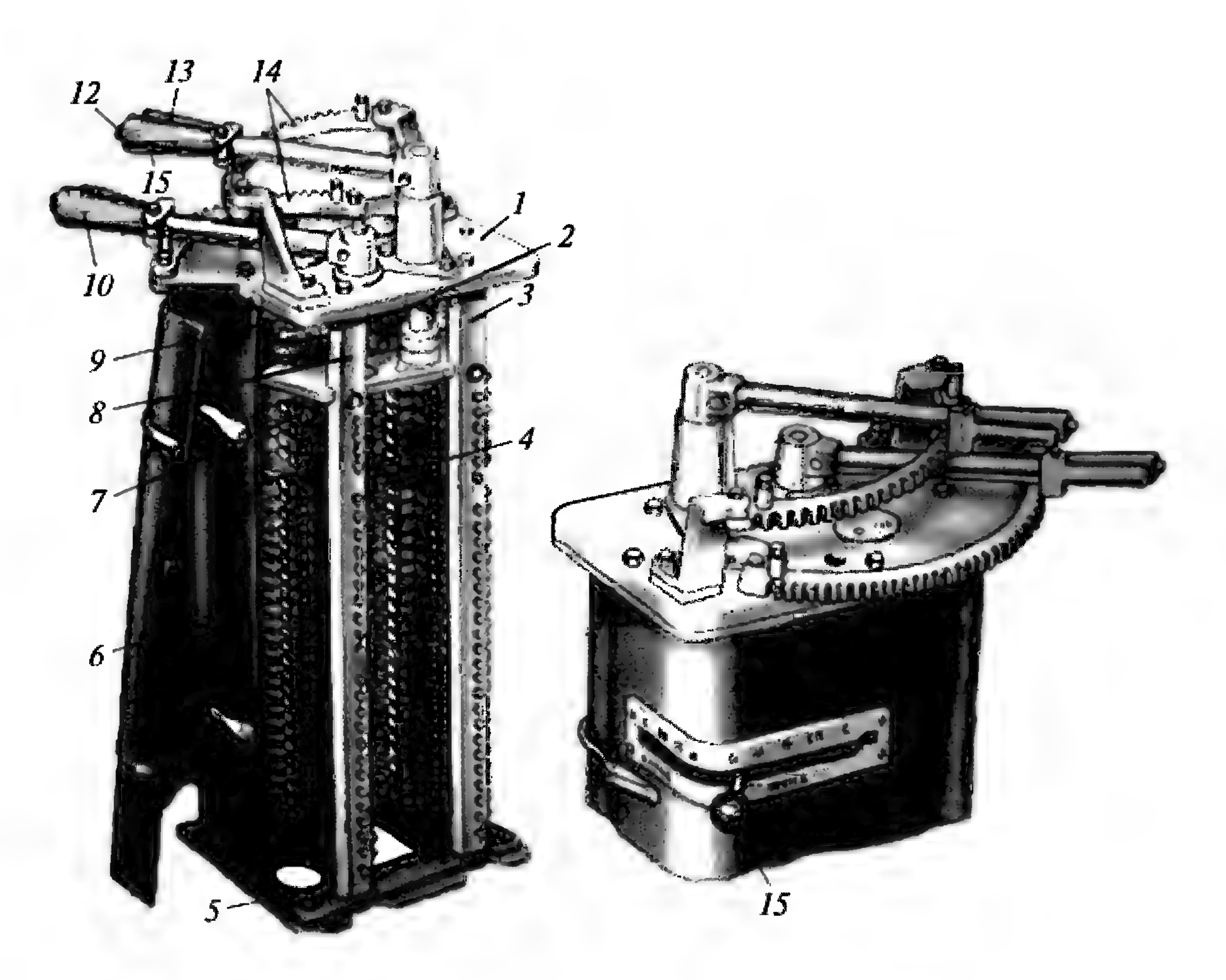


Рис. 82. Контроллер машиниста КМЭ-8:
1 — корпус; 2 — передача; 3 — вертикальная стойка; 4 — кулачковые шайбы; 5 — литое основание; 6 — кожух; 7 — контакторные элементы; 8 — задняя вертикальная стойка; 9 — литая крышка; 10 — главная рукоятка; 11 — тормозная рукоятка; 12 — кнопка; 13 — защелка; 14 — секторы; 15 — реверсивно-селективная рукоятка

Принцип действия: валы приводятся в движение двумя рукоятками: главной 2 и тормозной 1, которые связаны с соответствующими зубчатыми передачами.

Реверсирование тяговых двигателей и выбор схемы их соединения в тормозном режиме осуществляются двумя кулачковыми барабанами, которые установлены на подшипниках на главном и тормозных валах; оба барабана управляются одной реверсивно-селективной рукояткой.

Изоляционные кулачковые шайбы главного и тормозного валов и кулачки барабанов переключают контакторные элементы, смонтированные на двух рейках.

Главный вал имеет 24 кулачковые шайбы и обеспечивает 51 фиксированную рабочую позицию (не считая нулевой), из которых 16-я, 27-я и 37-я являются ходовыми, а остальные — пусковыми.

Тормозной вал набран из 22 кулачковых шайб и имеет четыре позиции ослабления возбуждения и 16 позиций торможения.

Фиксация главного и тормозного валов по позициям обеспечивается защелками рукояток, западающими в пазы секторов на крышке 3 контроллера машиниста.

Реверсивно-селективная рукоятка имеет девять положений: нулевое и по четыре положения в направлениях «Вперед» и «Назад» (М — тяговый режим; П, СП и С — рекуперативный режим).

Каждый контакторный элемент 4 имеет подвижный и неподвижный контакты, установленные на изоляторе, который закреплен к рейке. Контакты замыкаются под действием пружины, размыкаются при нажатии кулачковой шайбы. Последовательность замыкания контактов определяется профилем кулачковых шайб.

Для предотвращения ошибочных действий при работе все три рукоятки механически сблокированы между собой, что обеспечивает следующие возможности:

• при установке реверсивной рукоятки в положение М главная рукоятка может быть установлена на любую позицию;

• при установке главной рукоятки контроллера машиниста на 16-ю, 27-ю и 37-ю позиции тормозная рукоятка может быть установлена на позиции ослабления возбуждения ОП1, ОП2, ОП3, ОП4, при этом перемещение главной рукоятки невозможно до возвращения тормозной рукоятки на нулевую позицию;

• при установке реверсивной рукоятки в положения «П», «СП» и «С» тормозная рукоятка может быть установлена на 2-ю позицию, что дает возможность установить главную рукоятку на 1-ю позицию, а затем поворачивать тормозную рукоятку контроллера машиниста до 15-й позиции;

• обратный поворот тормозной рукоятки возможен до 1-й позиции включительно, а после установки главной рукоятки на нулевую позицию тормозную рукоятку можно повернуть также на нулевую позицию;

• при рабочем положении главной и тормозной рукояток поворот реверсивно-селективной рукоятки невозможен.

Контроллер машиниста КМЭ-84

Назначение: контроллер машиниста КМЭ-84 предназначен для дистанционного управления силовыми и низковольтными аппаратами, регулирующими силу тяги, скорость и направление движения электровоза.

Конструкция контроллера машиниста КМЭ-84 представлена на рис. 83.

Принцип действия: контакты реверсивного переключателя главным образом включены в цепи управления реверсорами, а также в цепи управления контакторами ослабления возбуждения ТЭД. Реверсивный вал КМЭ поворачивается съемной реверсивной рукояткой и имеет следующие шесть положений:

«ПП Назад» — движение назад при полном возбуждении ТЭД;

«0» — нулевое положение;

«ПП Вперед» — движение вперед своей кабиной при полном возбуждении ТЭД;

«ОП1» — включение контакторов первой ступени ослабления возбуждения ТЭД при движении вперед;

«ОП2» — включение контакторов второй ступени ослабления возбуждения ТЭД при движении вперед;

«ОП3» — включение контакторов третьей ступени ослабления возбуждения ТЭД при движении вперед.

Реверсивную рукоятку можно снять только при нулевом положении вала реверсивного переключателя. Главный переключатель состоит из кулачкового вала с пятью кулачковыми шайбами, управляющими 10 контактными элементами. Вал выполнен в виде втулки, укрепленной на двух шарикоподшипниках сверху на ре-

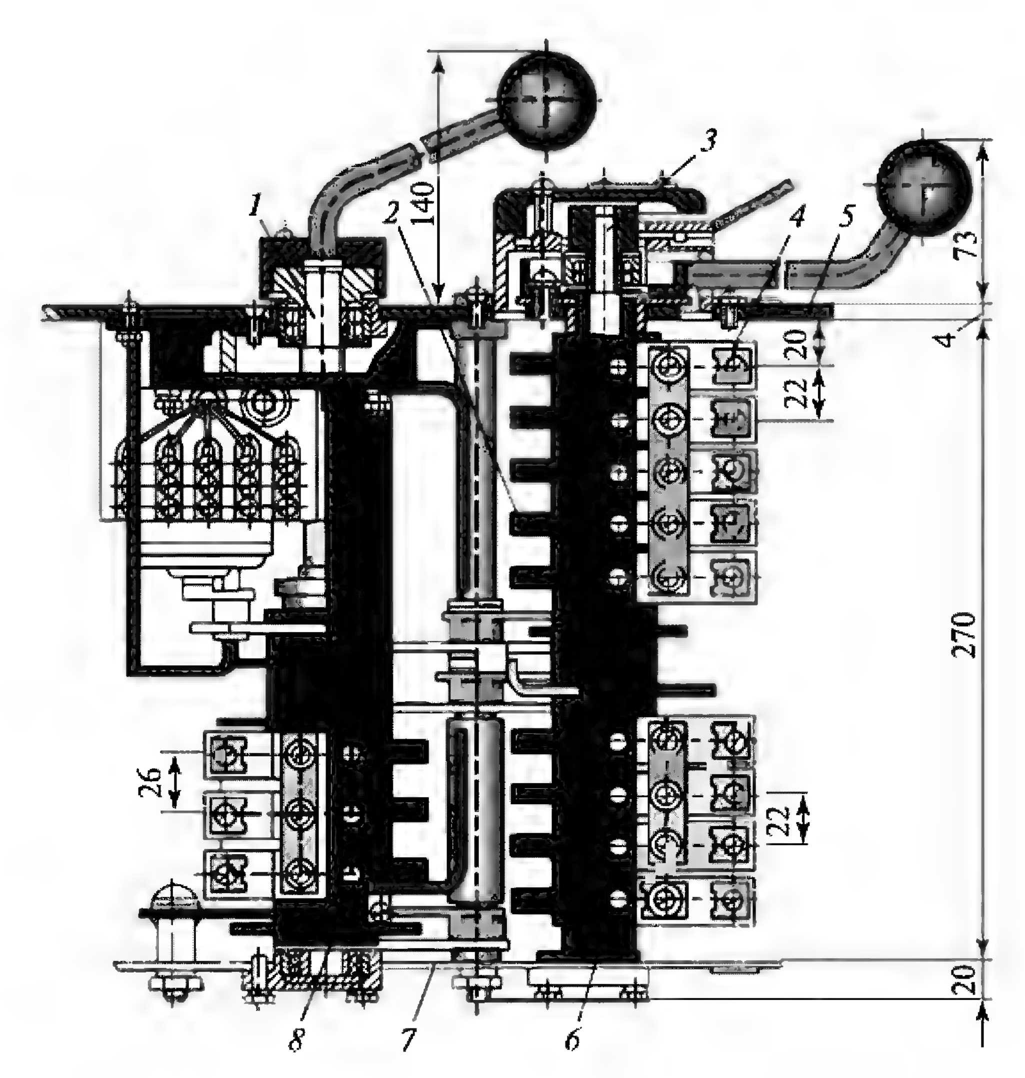


Рис. 83. Контроллер машиниста КМЭ-84:
1 — тормозная рукоятка; 2 — главный переключатель; 3 — главная рукоятка; 4 — контакторы; 5 — верхняя рама крышки; 6, 8 — силуминовые рейки (4 шт.); 7 — нижняя рама основания

версивном валу. Главный вал КМЭ поворачивается главной рукояткой, жестко укрепленной на главном валу снизу реверсивной рукоятки, и имеет следующие восемь положений:

«БВ» — быстрое выключение, в этом положении происходит отключение главных выключателей на всех секциях электровоза;

«0» — нулевое положение, в этом положении происходит отключение линейных контакторов и автоматический сброс позиций до нулевой;

«АВ» — автоматическое выключение позиций главного контроллера;

«РВ» — ручное выключение позиций главного контроллера, происходит выключение (сброс) одной позиции;

«ФВ» — фиксация выключения позиций, происходит подготовка схемы к выключению (сбросу) позиции;

«ФП» — фиксация пуска, происходит подготовка схемы к пуску (набору) позиции;

«РП» — ручной пуск, происходит набор одной позиции;

«АП» — автоматический пуск, происходит автоматический набор позиций.

Оба крайних положения «БВ» и «АП» с самовозвратом (не фиксируются) — за счет двух возвратных сжатых пружин. Тормозной переключатель состоит из кулачкового вала с тремя кулачковыми шайбами, управляющими 5 контактными элементами. Вал укреплен в шарикоподшипниках верхней и нижней рам основания. Тормозной вал поворачивается тормозной рукояткой КМЭ, жестко укрепленной на тормозном валу сверху, и имеет следующие положения:

«0» — нулевое положение, в этом положении происходит отключение линейных контакторов, и схема реостатного торможения разбирается;

«П» — подготовка, в этом положении собирается схема для реостатного торможения, однако ток через ТЭД не протекает;

«ПТ» — предварительное торможение, происходит автоматическое нарастание тормозной силы до 12 тс;

«Торможение» — нефиксируемая зона для задания скорости торможения, крайние положения зоны — фиксируются.

Сельсин указателя скорости типа БД-1404 — служит для подачи сигнала электронному блоку управления реостатным торможением (БУРТ) о задаваемой скорости торможения. Вал сельсина приводится во вращение при вращении тормозной рукоятки в пределах нефиксируемой зоны «Торможение» шайбой со специальным профилем, расположенной на тормозном валу.

Блок датчика тормозной силы (БЗТС) — служит для задания тормозной силы в тс при реостатном торможении. Он представляет собой пакетный выключатель, расположенный на верхней раме КМЭ, имеет 12 положений для изменения тормозной силы от 20 тс в положении «1» до 50 тс в положении «12».

Механическая блокировка КМЭ — служит для исключения ошибочных действий машиниста при управлении электровозом. Меха-

ническая блокировка за счет рычагов с растянутыми пружинами, роликов и стальных шайб на трех валах обеспечивает следующий порядок взаимодействия между валами КМЭ:

- невозможность поворота главной и тормозной рукояток из положения «0» при положении «0» реверсивной рукоятки;
- возможность поворота главной рукоятки в любое положение — после поворота реверсивной рукоятки в положение «ПП Вперед» или «ПП Назад» и при положении «0» тормозной рукоятки;
- возможность поворота реверсивной рукоятки в положение ОП1, ОП2, ОП3 только при положении «0» тормозной рукоятки;
- возможность поворота тормозной рукоятки в любое положение после поворота реверсивной рукоятки в положение «ПП Вперед» или «ПП Назад» и при положении «0» главной рукоятки.

Блокировочный контактный элемент типа КЭ-153 — служит для включения и отключения цепей управления (22 шт.). Он состоит из своего изоляционного основания с двумя боковыми щеками с армированной гайкой снизу — для крепления одним болтом к силуминовой рейке основания КМЭ. На основании контактного элемента сверху укреплен неподвижный блокировочный контакт в виде напайки на головке болтика. Снизу на оси между боковыми щеками основания шарнирно укреплен рычаг в виде коромысла. На этом рычаге сверху шарнирно укреплен подвижный блокировочный контакт в виде пружинящей пластинки с напайкой из серебра и гибким шунтом к выводу. На нижнем конце рычага укреплен ролик в виде шарикоподшипника — против кулачковой шайбы реверсивного, главного или тормозного вала. С другой стороны в конец рычага упирается сжатая включающая пружина между щеками основания. Включение контактного элемента происходит за счет включающей пружины, когда к ролику рычага подходит вырез кулачковой шайбы вала. Отключение контактного элемента происходит при повороте реверсивного, главного или тормозного вала КМЭ, когда выступ кулачковой шайбы вала нажимает на ролик рычага.

Тепловозный контроллер машиниста КМ- 2104

Назначение: контроллер машиниста КМ-4104 предназначен для управления работой дизелей и движением тепловозов путем переключения электрических цепей в определенной последовательности.

Технические данные:

Номинальное напряжение, В 110
Номинальный ток, А 20
Число позиций главного барабана (исключая нулевую):
в тяговом режиме 8
в тормозном режиме 4; 7
Данные электромагнитного привода:
сопротивление двух параллельно соединенных катушек
при 20°С, Ом:
при Ин = 75 В 44
при Ин = 110 В 57
Данные пневматического привода:
номинальное давление, кПа 500
максимальное давление, кПа 675
минимальное давление, кПа 350

Конструкция контроллера машиниста КМ-4104 представлена на рис. 84.

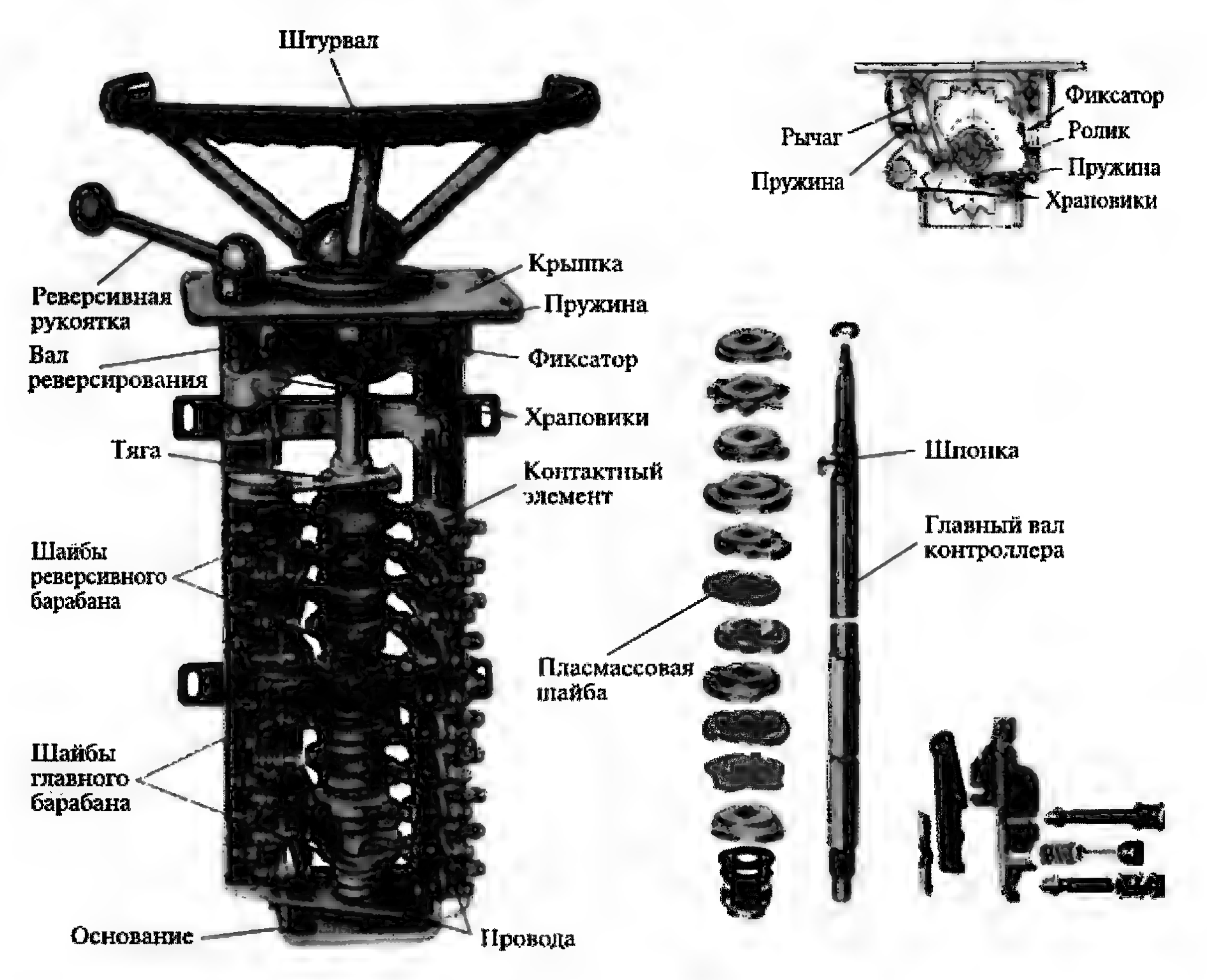


Рис. 84. Тепловозный контроллер машиниста КМ-2104

Контроллер машиниста джостикового типа

Назначение: контроллер машиниста — электрический аппарат, служащий на ЭПС для управления работой тяговых электродвигателей в тяговом и тормозном режиме.

Конструкция контроллера машиниста джостикового типа представлена на рис. 85.

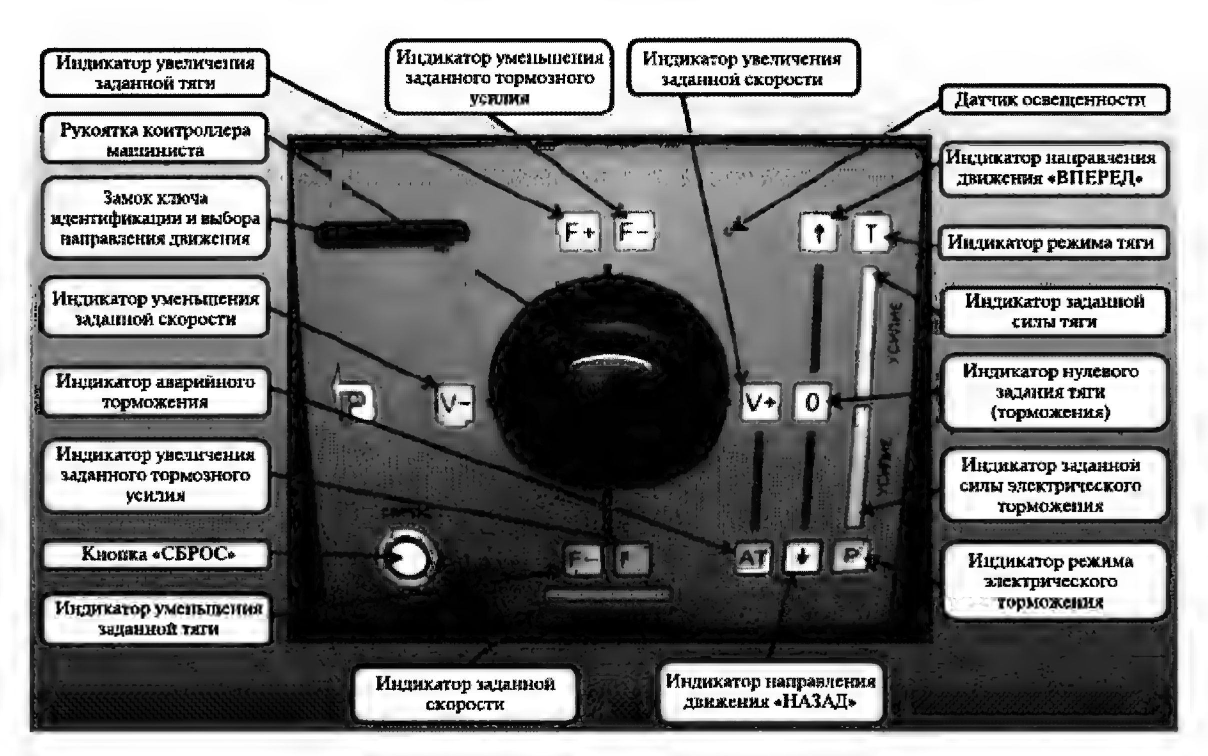


Рис. 85. Контроллер машиниста джостикового типа

Раздел 7. АППАРАТЫ ЛИЧНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Большинство электрических аппаратов на электровозе расположены в высоковольтной камере и находятся под напряжением контактной сети. Поэтому при осмотре, обслуживании или ремонте необходимо обеспечить защиту персонала от поражения электрическим током. С этой целью и применяются различные аппараты, контролирующие закрытое состояние высоковольтной камеры.

На грузовых электровозах постоянного тока серии ВЛ применяются защитный вентиль и пневматические блокировки типа ПБ. Электровозы серии ЧС имеют электромагнитные защелки и блокировки, включенные в цепь токоприемника и БВ. В дальнейшем на электровозах ЧС2К была проведена модернизация и замена электрических блокировок на пневматические с установкой защитного вентиля.

Конструктивно защитный вентиль типа ВЗ-1 (рис. 86) состоит из клапанной коробки с воздухораспределителем 1 и электромагнитного привода, в который входят магнитопровод 3, сердечник 5 и якорь 7. На сердечнике установлены две катушки 4, подключенные на разное рабочее напряжение. Верхняя часть закрыта коробкой 6 и крышкой 9 с кнопкой. Якорь через ствол 5 с верхним клапаном воздействует на нижний клапан 11, прижатый к седлу 10 пружиной 12, расположенной в пробке 14. Седло клапанов укреплено в корпусе 13.

Первоначально при поднятии токоприемников включают общую кнопку «Токоприемники», и напряжение 50 В подается на низковольтную катушку. Для притяжения якоря достаточно магнитного потока любой одной катушки. Притягивание якоря 7 приводит к перемещению клапанов в нижнее положение. Верхний клапан закрывает атмосферное отверстие, а нижний открывает канал в седле 10, что приводит к подаче сжатого воздуха в пневматическую систему и далее — через блокировки двери ВВК и люка на крышу — к клапану токоприемника. Пневматические блокировки запирают двери высоковольтных камер и крышку крышевого лю-

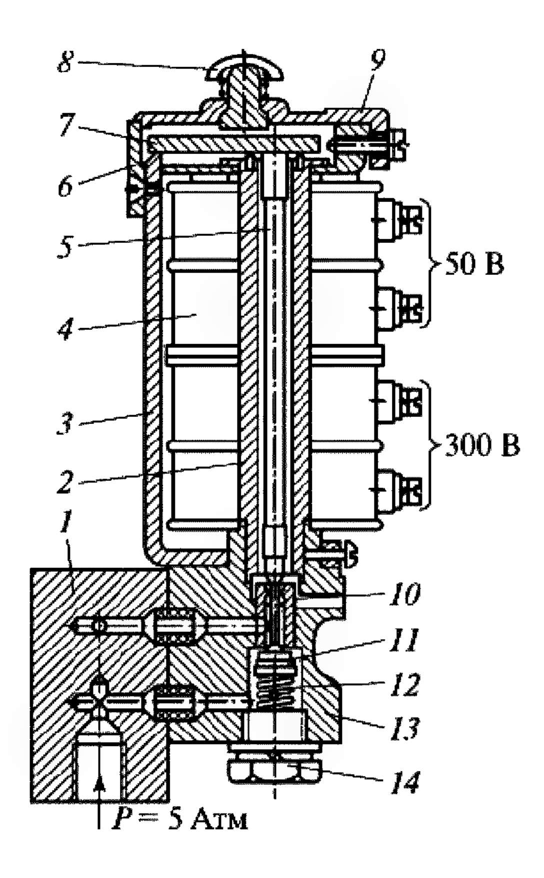


Рис. 86. Конструкция защитного вентиля ВЗ-1

ка, не допуская людей к оборудованию, находящемуся под высоким напряжением.

После включения кнопки «Токоприемник Передний/Задний» происходит его подъем, и в момент касания полоза контактного провода напряжение контактной сети через ограничивающий резистор и реле $Р_КТ8$ (реле 105-2 на ВЛ10) будет подано на вторую катушку вентиля защиты (клапаны защиты на ВЛ11) (рис. 87).

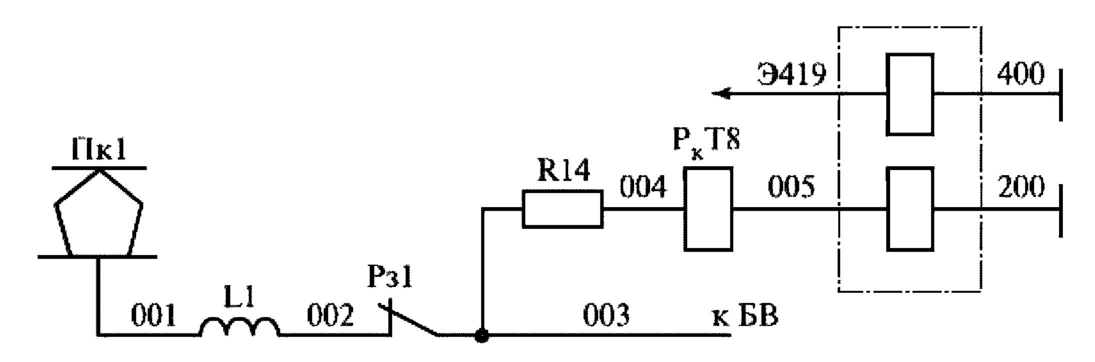


Рис. 87. Схема включения защитного вентиля на электровозе ВЛ11

Включение другой катушки усиливает притяжение якоря, так как магнитные потоки, наводимые катушками, направлены в одну сторону.

После отключения кнопок токоприемника низковольтная катушка теряет питание, а когда полоз токоприемника оторвется от контактного провода — отключится и высоковольтная катушка ВЗ-1. Защитный вентиль сработает, и клапаны под действием пружины переместятся в верхнее положение, соединяя пневматическую систему и блокировки с атмосферой.

В тех случаях, когда токоприемник не опустится (механическое заедание или приваривание полоза к контактному проводу), катушка высокого напряжения вентиля остается под питанием и вентиль не разблокирует пневматические блокировки, перекрывая доступ в высоковольтную камеру или на крышу электровоза.

В случае обрыва цепи высоковольтной катушки вентиля возможно открывание двери и оборудование высоковольтной камеры при поднятом токоприемнике. Однако в данном случае не сработает реле РКТ8 и своей сигнальной лампой укажет машинисту на отсутствие высоковольтной цепи вентиля защиты.

На электровозах ВЛ11М установлен модернизированный вентиль (клапан) защиты ВЗ-57-02 (рис. 88). Особенностью его конструкции являются два электромагнитных вентиля, размещенных на литом кронштейне 8. При этом левый вентиль 1 — низковольтный, а вентиль 6 — высоковольтный. При помощи ручного рычага можно включить вентиль 1, нажав на его кнопку. Кронштейн 8 имеет два канала — нижний, который сообщен с впускным патрубком и с камерами впускных клапанов вентилей 1 и 6, и верхний, размещенный соосно с впускными каналами обоих вентилей и соединяющий с выпускным патрубком кронштейна.

Между вентилями и кронштейном в нижнем канале размещены полиэтиленовые втулки 4, в верхнем — латунные 2 и 5. Все втулки уплотнены резиновыми кольцами. Между смежными торцами втулок 2 и 5 с возможностью осевого перемещения установлен переключательный клапан 3, на торцах которого завальцованы резиновые шайбы.

Конструкция защитного вентиля обеспечивает сообщение источника сжатого воздуха с потребителем независимо от того, включены его вентили по отдельности или оба вместе. Благодаря это-

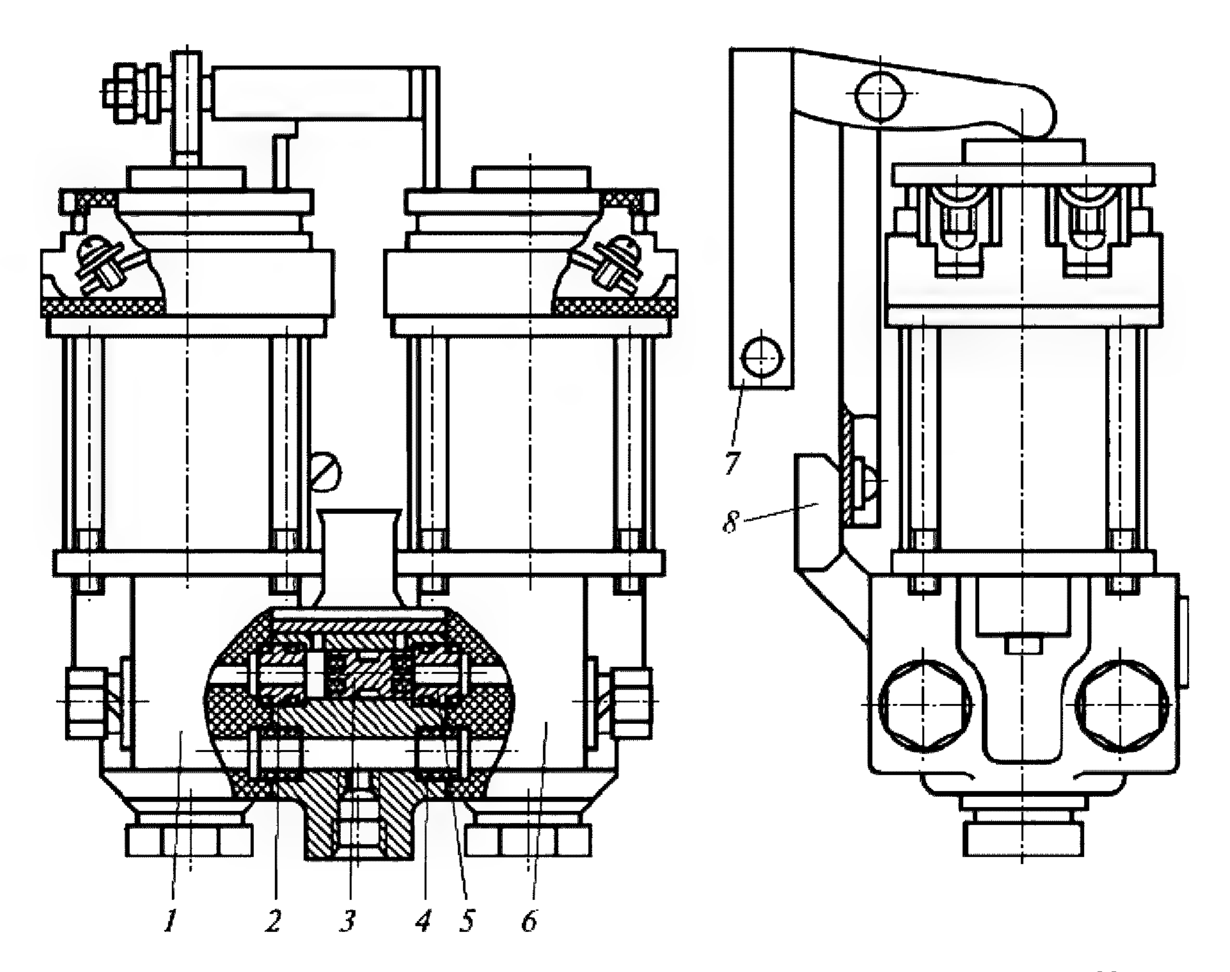


Рис. 88. Конструкция вентиля защиты ВЗ-57-02 электровоза ВЛ1М

му система блокирования входа в высоковольтную камеру обеспечена сжатым воздухом:

• при наличии напряжения в цепи управления (возбужден вентиль 7);

• при наличии питания на стороне высокого напряжения (возбужден вентиль 6);

• при наличии питания на стороне наибольшего напряжения и в цепи управления (возбуждены оба вентиля).

При возбуждении катушки вентиля сжатый воздух от источника по впускному патрубку и через клапанную систему вентиля 1 поступит в верхний канал кронштейна 8. Воздействуя на переключательный клапан, сжатый воздух сместит его вправо до упора резиновым кольцом во втулку 5. Это исключит выход сжатого воздуха через открытую клапанную систему вентиля 6. По каналам кронштейна сжатый воздух поступит к выпускному патрубку и в ма-

гистраль потребителя. Если при этом будет возбуждена катушка и правого вентиля (подача питания на стороне наибольшего напряжения), сжатый воздух от источника поступит через клапанную систему вентиля 6 к переключательному клапану 3 с другой стороны. При этом положение переключательного клапана или не изменится, или же клапан займет неопределенное положение между втулками 2 и 5.

В случае снятия питания с левого электромагнитного вентиля 1 и наличия при этом напряжения на катушке правого вентиля 6 через клапанную систему вентиля 1 верхний канал кронштейна 8 сообщится с атмосферой. Переключательный клапан под действием сжатого воздуха со стороны вентиля 6 сместится влево до упора во втулку 2, обеспечив таким образом подачу сжатого воздуха от источника в пневмосистему блокирования дверей высоковольтной камеры.

При наличии питания на катушках защитного вентиля сжатый воздух поступает в систему и пневматическую блокировку (рис. 89). Воздух, пройдя через крышку 6, воздействует на поршень 7 с ман-

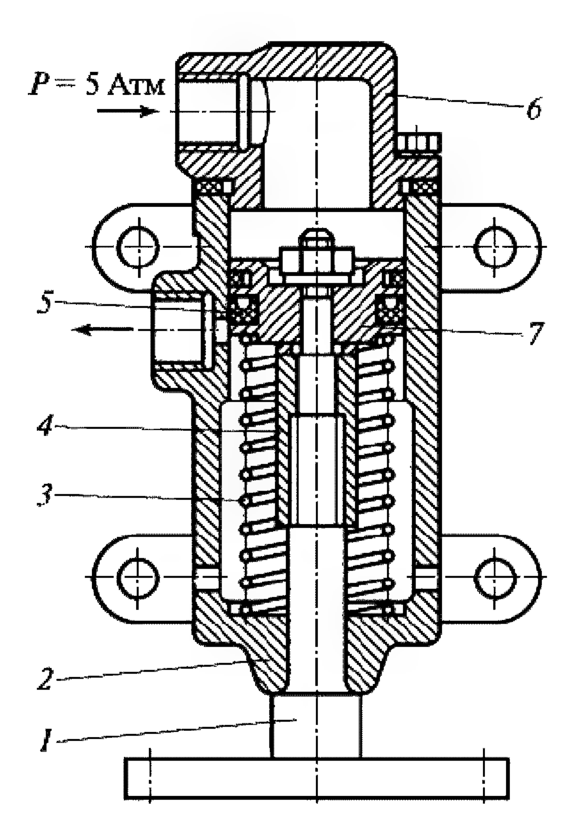


Рис. 89. Пневматическая блокировка типа ПБ-33

жетами 5, перемещая его и шток со втулкой 4 вниз, сжимая пружину 3. При этом происходит блокирование ВВК, а поршень, переместившись в корпусе 2 в нижнее положение, открывает отверстие для прохода воздуха дальше в систему и к клапану токоприемника.

На электровозах ВЛ11, кроме пневматической блокировки, контролирующей закрытие двери, установлен еще один аппарат — пневматический выключатель управления ПВУ-3 (рис. 90), замыкающий цепи управления токоприемниками при наличии давления воздуха в его пневматической сети.

По конструкции выключатели управления представляют собой корпус 2, в котором установлен поршень 14 с резиновой манжетой 13, шток 15, отключающая пружина 3 и пробка 7. Корпус герметически закрыт крышкой 12. На штоке закреплен верхний поршень 1, имеющий фиксирующую канавку, по центру которой установлены шариковые фиксаторы, состоящие из шариков 8 диаметром 4 мм, толкателей 10, пружин 9 и нажимных гаек 11. Рычаг 4, шарнирно связанный со штоком, в зависимости от положения последнего переключает контакторный элемент 5, закрытый полистироловым кожухом 6.

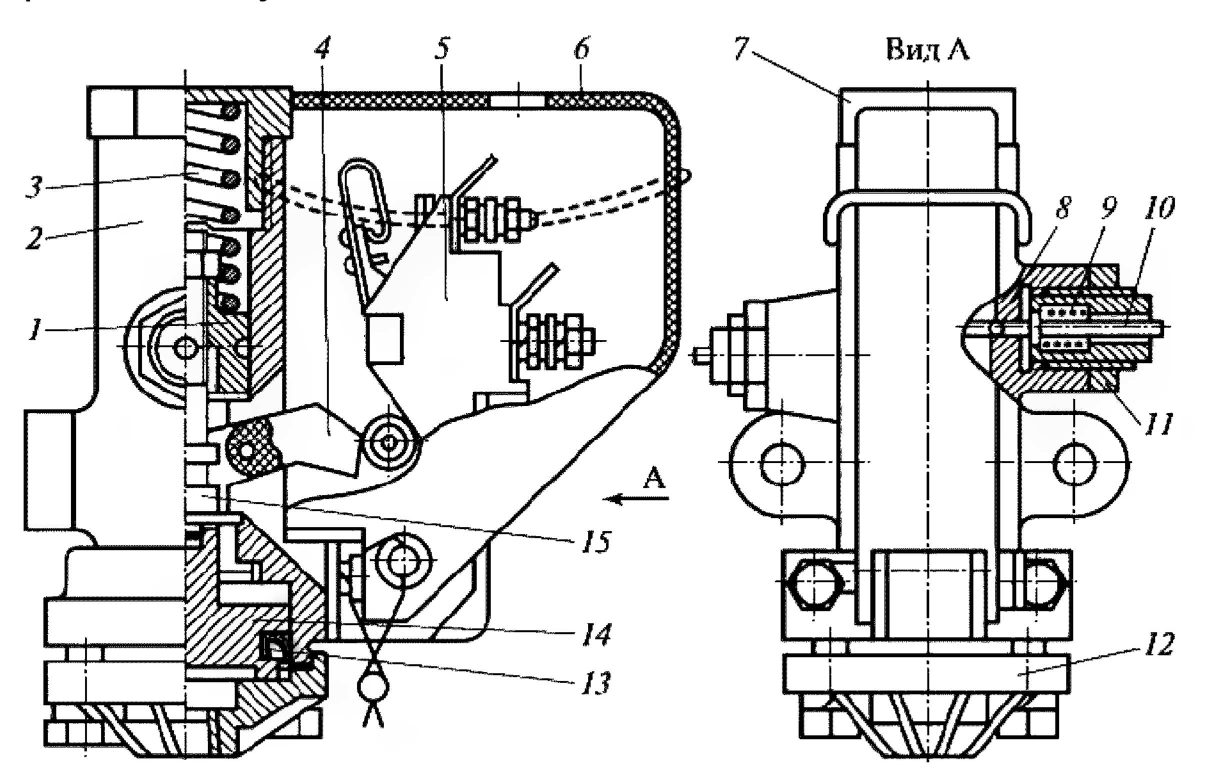


Рис. 90. Пневматический выключатель управления ПВУ-2

Сжатый воздух, подведенный под поршень 14 через отверстие в крышке 12, преодолевая усилие пружины 3 и усилие нижнего шарикового фиксатора, при достижении установленного давления перемещает шток 15 вверх до упора поршня в корпус. Перемещаясь вверх, шток 15 поворачивает рычаг 4, переключающий контакторный элемент 5. При снижении давления сжатого воздуха в пневматической сети пружина, преодолевая противодавление воздуха и усилие верхнего шарикового фиксатора, перемещает шток вниз до упора его буртом в корпус. Давления срабатывания достигают изменением затяжки пружин 9 шариковых фиксаторов.

Пассажирские электровозы постоянного тока серии ЧС обеспечивают безопасность обслуживающего персонал при помощи электромагнитных защелок (рис. 91). Так, защелка типа 3ZB состоит из

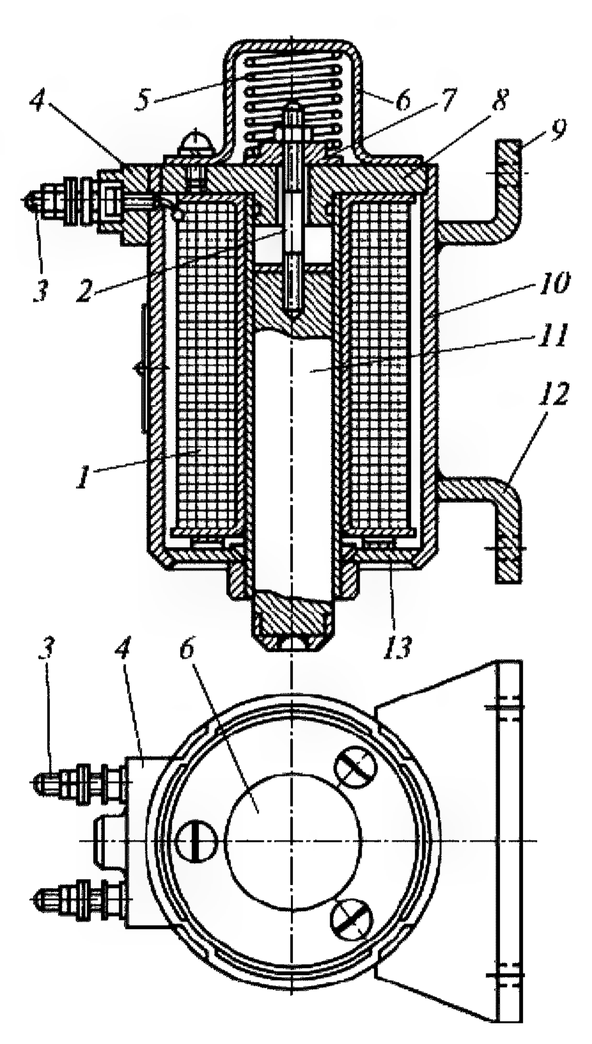


Рис. 91. Электромагнитная защелка типа 3ZB электровозов ЧС2, ЧС7

катушки 1, сопротивлением 180 Ом, намотанной из эмалированной проволоки диаметром 0,3 мм на бакелитовый каркас, помещенный в цилиндрический стальной кожух 10. Кожух закрыт крышками 8 и 13. Внутри катушки помещен якорь 11, в который ввинчен штифт 2. На штифт навернута шайба 7, на которую постоянно давит пружина 5, помещенная под колпаком 6. К кожуху 10 приварены кронштейны 9 и 12 для установки защелки и прикреплен изолятор 4 с зажимами 3 для присоединения катушки к внешней цепи. При возбуждении катушки 7 якорь 11 притягивается к крышке 8, сжимая пружину 5. Конец якоря при этом освобождает щиты или разблокирует сетки ВВК. При прекращении возбуждения катушки 1 якорь силой нажатия пружины 5 отводится от крышки 8 и блокирует ВВК. Питание на защелки подается через блок-контакты заземлителя после его переключения в положение «Заземлено» и замыкания силовых контактов на землю.

Раздел 8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Техническое обслуживание электрических аппаратов

1. Общие сведения

Перед постановкой электровоза на канаву для выполнения ТР-1 ходовые части очищают, а тяговые двигатели продувают сжатым воздухом. В зимнее время очищают снегозащитные фильтры. Перед началом технического обслуживания проверяют работу вспомогательных машин, регулятора напряжения, реле обратного тока, действие тормозов и песочницы. Мегаомметром измеряют сопротивление изоляции обмоток тяговых двигателей, изоляторов крышевого оборудования и электрической аппаратуры.

При ТР-1 осматривают основные узлы ходовых частей, рессорного и люлечного подвешивания, тормозной рычажной передачи, ударно-сцепных устройств, оборудование песочниц, тяговые двигатели, вспомогательные машины, низковольтную и высоковольтную аппаратуру, пусковые резисторы, крышевое оборудование, аккумуляторную батарею, пневматическое оборудование, устройства автоматической локомотивной сигнализации и радиосвязи. Выявленные при этом неисправности, а также дефекты, записанные в журнале технического состояния электровоза, устраняют.

По окончании работ по ТР-1 проверяют электровоз под рабочим напряжением контактной сети. При этом убеждаются в правильности включения аппаратов, работы вспомогательных машин, трогании с места при управлении из обеих кабин, проверяют работу тормозов. ТР-1 выполняют рабочие комплексных и специализированных бригад на ремонтных стойлах основного локомотивного депо.

2. Проверка сопротивления изоляции

При ТР-1 проверку электрооборудования начинают с измерения сопротивления изоляции всех силовых аппаратов, обмоток тяговых двигателей и вспомогательных машин. Для измерений использу-

ют мегаомметр напряжением 2500 В. Благодаря малой мощности этого прибора прикосновение к токоведущим частям электровоза во время проверки не представляет непосредственной опасности. Однако электрический ток может вызвать непроизвольные движения и быть причиной ушибов или падения. Поэтому сопротивление изоляции целесообразно измерять до начала всех работ, предварительно убедившись в отсутствии людей на крыше электровоза.

Для измерения силовую цепь обычно разбивают на несколько участков.

Одним из участков является все крышевое оборудование. При измерении сопротивления изоляции этого участка на электровозе ВЛ10 включают крышевые разъединители 47-1 и 47-2 , убеждаются в том, что шинный разъединитель 58-1 низковольтных розеток 49-1 и 50-1 отключен и быстродействующие выключатели БВП-5 (51-1) и БВЗ-3 (53-2) находятся в выключенном состоянии.

Цепь вольтметров разрывают отсоединением провода от зажима Р53 добавочного резистора. Войдя в высоковольтную камеру второй секции, закрывают ее так же, как и первую, с тем, чтобы отключить заземляющие разъединители 46-1 и 46-2, и отсоединяют провод от зажима Р51 добавочного резистора реле контроля защиты и вентиля защиты.

Перед измерением проверяют исправность мегаомметра. Результаты измерения зависят от продолжительности приложения напряжения, поэтому, равномерно вращая ручку, снимают показания прибора через 30–60 с после начала измерения.

Поскольку во время измерения сопротивления изоляции крышевого оборудования необходимо находиться в высоковольтной камере и при отключенных заземляющих разъединителях подсоединять мегаомметр непосредственно к цепи токоприемников, запрещается выполнять измерения при стоянке электровоза под контактным проводом, находящимся под напряжением.

Для измерения сопротивления изоляции обмоток вспомогательных машин и печей нужно разорвать минусовую цепь, отсоединив от сборной шины (панели заземления) в высоковольтной камере первой секции более толстый кабель, идущий через быстродействующий выключатель БВЗ-2 (53-2) к счетчику электроэнергии. Выводы мегаомметра подсоединяют к панели заземления 39-2 и корпусу электровоза. Чтобы установить место пониженного сопротив-

ления изоляции, нужно разбить проверяемую цепь на отдельные участки, изолированные друг от друга.

Сопротивление изоляции каждой отдельно взятой части цепи может быть много больше ее общего сопротивления. Например, в результате увлажнения сопротивление изоляции всех восьми тяговых двигателей электровоза ВЛ10 может быть равным 0,5 МОм, а каждой отдельно взятой пары тяговых двигателей — около 2 МОм.

Однако следует учитывать, что мегаомметр является прибором с крутопадающей характеристикой: при увеличении тока во внешней цепи между его зажимами напряжение на выходе прибора резко падает. В то же время косвенно оцениваемый мегаомметром ток утечки изоляции обычно зависит от значения приложенного напряжения. Поэтому сопротивление изоляции каждого из двух одинаковых участков электрической цели может быть не в 2 раза больше сопротивления изоляции всей цепи, а, например, только в 1,8 раза.

Основной причиной снижения сопротивления в эксплуатации являются такие повреждения изоляции, как пробой, механическое разрушение или касание неизолированными токоведущими частями корпуса электровоза. В этих случаях при установке переключателя в положение «МОм» и даже «кОм» стрелка прибора устанавливается на 0. Практически в то же положение она будет устанавливаться при последующем измерении более мелких участков, включающих поврежденный элемент, благодаря чему, последовательно отсоединяя исправные звенья цепи или используя метод средней точки, нетрудно отыскать место неисправности.

Таблица 7

Изоляция	Величины сопротивлений, МОм	
	допускаемые	предельные в эксплуатации
Высоковольтной цепи относительно низковольтной	1,5	0,75
Высоковольтной цепи относительно корпуса	1,0	0,5
Цепи возбуждения тягового генератора относительно корпуса	1,0	0,5
Низковольтные цепи относительно корпуса	0,5	0,25
Аккумуляторной батареи относительно корпуса	0,5	0,25

После измерения сопротивления изоляции приступают непосредственно к осмотру и ремонту высоковольтной аппаратуры электровоза. Как и при ТО-2, в первую очередь осматривают аппараты, при неисправности которых запрещается выдавать электровозы под поезда: токоприемники, защитную аппаратуру от токов короткого замыкания, перегрузок, боксования и нарушений режима напряжения, автостоп, автоматическую локомотивную сигнализацию и аккумуляторную батарею. Затем обязательно проверяют исправность аппаратов, о неудовлетворительной работе которых сделаны записи в журнале технического состояния локомотива за время, прошедшее со дня выхода электровоза из последнего текущего ремонта.

Чтобы не задержать выпуск электровоза из ТО-3, начинают ремонт с выполнения работ, требующих наибольших затрат времени.

Опыт, накопленный различными депо, обязывает при осмотре электрической аппаратуры больше уделять внимания аппаратам и узлам, известным недостаточной надежностью, неисправность которых приводит к серьезным затруднениям на линии: пусковым резисторам, групповым переключателям, индивидуальным контакторам и высоковольтным проводам.

Осматривая аппараты, оценивают состояние контактных поверхностей, болтовых соединений, креплений проводов и исправность покрова изоляционных деталей. При этом руководствуются простым правилом: изменение внешнего вида и привычного состояния аппаратов не бывает беспричинным и позволяет обнаружить возможное повреждение или устранить последствия уже свершившегося повреждения.

Работоспособность электрических аппаратов в большой степени определяется надежностью крепления токоведущих деталей. Чем лучше контакт, тем меньше переходное сопротивление и нагрев при протекании тока. При сильном нагреве контакта количество тепла, выделяемого в нем, с течением времени увеличивается благодаря окислению контактной поверхности. В результате нагрев может быть настолько интенсивным, что приведет к пережогу наконечников кабелей и проводов, взаимному свариванию контактов аппаратов и обугливанию изоляции близко расположенных

деталей. Поэтому при ТО-3 следует проверять прочность крепления болтовых соединений и токоведущих деталей.

Для проверки исправности крепления сильноточного проводника можно, взявшись за него рукой, попытаться слегка покачать проводник вокруг болта.

В большинстве случаев затяжку крепежных деталей проверяют с помощью гаечного ключа или отвертки. Наиболее целесообразно использовать для этой цели динамометрические (моментные) гаечные ключи или отвертки. Такой ключ может быть контролируемым или предельным. Контролируемый гаечный ключ имеет указатель момента. При достижении определенного значения крутящего момента может появляться световой или звуковой сигнал. Предельный гаечный ключ при достижении заданного крутящего момента автоматически отключается, что предотвращает перетяжку резьбы.

В электрических аппаратах ослабление крепления коммутирующих контактов легко обнаружить по изменению их цвета: потемнению или посинению. Расплавление и даже сваривание контактов может произойти не только из-за ослабления крепления подвижных контактов, но и из-за ухудшения состояния контактных поверхностей или уменьшения нажатия, площади прилегания, притирания или провала контактов.

Принято считать, что при включении и выключении контактора подвижный контакт перекатывается и проскальзывает по поверхности неподвижного контакта, благодаря чему должно происходить очищение контактных поверхностей от окислов и загрязнений. В действительности процесс включения происходит более сложно, поскольку контакты сближаются с большой скоростью. Удар подвижного контакта о неподвижный вызывает их упругую деформацию. В результате подвижный контакт вновь отскакивает и вновь соударяется с неподвижным. Это явление, называемое вибрацией контактов при включении, сопровождается перекатыванием подвижного контакта. У электромагнитных аппаратов вибрация контактов усиливается вследствие вибрации якоря, вызванной его упругим соударением с якорем электромагнита.

Характер вибрации контактов определяется большим числом факторов. В частности, продолжительность вибрации обратно пропорциональна начальному натяжению притирающей пружины контактора. Обычно эта продолжительность составляет 0,005–0,025 с.

За такое время происходит 3–4, иногда 10–12 отскоков подвижного контакта. При первом же соприкосновении контактов в точке А по коммутируемой ими цепи начинает протекать ток, поэтому при отскоке и расхождении контактов под током между ними возникает мостик расплавленного металла, а на поверхности контактов у оснований этого мостика образуются кратеры небольших размеров.

Вибрация контактов при включении является закономерным явлением и характерна для любого коммутирующего аппарата, будь то контактор или реле. Но последствия ее различны. У большинства контакторов вибрация не приводит к существенному ухудшению качества контактного соединения. Во-первых, окончательно постоянный контакт устанавливается в точке Б, где поверхность свободна от поджогов. Во-вторых, образование мостика расплавленного металла приводит к разрушению окисной пленки на контактной поверхности и в определенной мере способствует самоочищению контактов.

При отключении аппарата благодаря взаимному перемещению контактов место их постоянного соприкосновения и место образования дуги не совпадают. По мере уменьшения толщины контактов место постоянного соприкосновения и место разрыва перемещаются по поверхности контактов, исключая сильный подгар в одной точке.

Проверяя притирание или провал, включают аппарат вручную и в зависимости от его конструкции наблюдают непосредственно за перекатыванием контактов. При этом рычаг подвижного контакта должен иметь некоторый свободный ход после соприкосновения контактов.

Одновременно с осмотром контактов проверяют состояние дугогасительных камер, убеждаются в отсутствии трещин и чрезмерных прогаров стенок. Следы закопчения на внутренних сторонах стенок должны указывать на то, что электрическая дуга равномерно растягивается и гаснет внутри камеры без вредных завихрений и задержек около перегородок и других выступающих частей камеры.

Внутренние поверхности стенок очищают от сильных отложений копоти и вкраплений меди легкими прикосновениями наждачным полотном. Застывшие брызги металла снимают с металлических деталей и дугогасительных рогов, расположенных либо непосредственно в камере, либо прикрепленных к рычагам контактов.

Осматривая дугогасительные катушки, убеждаются в отсутствии повреждений выводов, целостности корпусной и межвитковой изоляции, отсутствии следов сваривания отдельных витков и исправности магнитопроводов.

Состояние электромагнитных приводов аппаратов проверяют, как правило, включая их вручную. Включение и отключение должны происходить легко, без заеданий. Контролируют состояние соединений и креплений деталей. Пневматические приводы аппаратов проверяют под действием воздуха, нажимая на грибки включающих вентилей. Привод должен работать без утечек воздуха и обеспечивать полное включение аппарата.

Повреждения электрических аппаратов электровозов, вызванные износом деталей приводов, в эксплуатации происходят сравнительно редко и, как правило, являются следствием неудовлетворительно выполненного планового ремонта, отсутствия или недоброкачественного состава смазки, неправильного подбора материала трущихся поверхностей. К таким повреждениям относятся:

• повышенный зазор между валиком и втулкой,

• чрезмерный износ клапанов, седел,

• потеря герметичности пневматических приводов в результате порчи кожаных манжет и уплотняющих прокладок.

При надлежащем качестве планового ремонта эти нарушения в эксплуатации встречаются редко.

Большое внимание при ТО-3 уделяют уходу за изоляцией электрической аппаратуры и проводов. Приведем примеры характерных повреждений:

• перекрытие изоляционных стоек контакторов из-за замасливания и загрязнения их поверхности;

• межвитковое замыкание в катушке дифференциального реле по трещинам в корпусной изоляции;

• вторичное перекрытие изоляционных стоек контакторов после небрежного устранения следов предыдущего повреждения;

• пробой изоляции вала реверсора из-за ее расслоения;

• перетирание изоляции проводов в контроллере машиниста;

• перекрытие изоляционной панели в распределительной коробке цепи отопления поезда из-за попадания влаги;

• обугливание и разрушение изоляции кабелей, подходящих к пусковым резисторам, в результате их чрезмерного нагрева при длительной езде на реостатных позициях;

• пробой шпильки ящика пусковых резисторов вследствие ее ослабления и перетирания в местах установки элементов резисторов и др.

Осмотр изоляции имеет целью выявление возникших трещин и признаков расслоения изоляционного покрытия, следов механического повреждения изоляции и особенно ее перетирания. Если неисправность изоляции (например, трещины в корпусной изоляции реле) нельзя устранить на месте, то аппарат снимают с электровоза для ремонта в цехе.

Все изоляционные поверхности аппаратов одновременно с осмотром тщательно протирают от пыли, загрязнений и случайных масляных пятен. Для этого пользуются чистой салфеткой, слегка смоченной бензином. Если при осмотре аппаратов зачищали дугогасительные камеры и контакты, то перед протиркой изоляции осевшие на ее поверхности частицы металла и пыль следует удалить сжатым воздухом. Места возможного скопления влаги (штепсельные головки, розетки и распределительные коробки электрообогрева вагонов, коробки приемных катушек АЛСН) промывают бензином особенно тщательно и насухо протирают салфетками. Для контроля качества ремонта таких аппаратов рекомендуется измерять сопротивление их изоляции отдельно от всей цепи электровоза.

Рассмотрим последовательность проверки технического состояния аппаратов на примере реле перегрузки РТ-406В электровозов ВЛ10, ВЛ8 и ВЛ23.

Оценив общее состояние этого реле и убедившись в исправном состоянии изоляционной панели, проверяют крепление кабелей к шинам и осматривают регулировочную пружину. Наличие пломбы и отсутствие следов сбоя установки регулировочного винта являются основными признаками правильной регулировки реле. В исправной работе его убеждаются, нажимая слегка на якорь. Он должен свободно, без заеданий поворачиваться на призме. Контакты должны включаться с некоторым притиранием, без перекосов и больших смещений относительно друг друга.

В заключение проверяют крепление контактов на панели и подходящих к ним проводов. Загрязненные контакты промывают бензином, изоляционные поверхности протирают сухой либо слегка смоченной в бензине салфеткой, указатель устанавливают в горизонтальном положении.

Камеры линейных контакторов имеют обычно следы значительно больших нагрузок при дугогашении в сравнении с камерами реостатных контакторов. Это объясняется не силой отключаемых токов (у линейных контакторов они нередко могут быть меньшими), а рабочими напряжениями. У линейных контакторов дуга часто может быть погашена, когда она растянута по всей периферии камеры, а у реостатных контакторов длина пути при гашении, как правило, не превышает 120–150 мм. Этим объясняются различие размеров зон закопчения стенок камер.

В эксплуатации ремонт и замену камер в основном осуществляют по причине уменьшения толщины их стенок до толщины 3 мм. Как показывают результаты многолетних наблюдений, собственно прогар камер в этом месте невелик, а уменьшение толщины стенок в основном является следствием интенсивных зачисток. Наждачное полотно слишком сильно разрушает мягкий материал стенок — ацеид, поэтому пользоваться им нужно осторожно, больше используя для очистки камер сухие салфетки.

При осмотре камеры убеждаются в исправности креплений и отсутствии сколов и трещин в боковых стенках и перегородках (они обычно образуются в их углах) и излома сухарей. По протертости на нижнем конце держателя неподвижного контакта можно судить о том, что нижний рог дугогасительной камеры касается его. При изломе рога или оплавлении пластин деионизационной решетки камеру снимают для переборки.

Осматривая нижние и верхние силовые контакты, проверяют отверткой их крепление. Ослабление крепления может указывать на появление трещин в силуминовых держателях по резьбовому отверстию. Наименьшая допускаемая толщина контактов 4 мм, а их нажатие 70 Н (7 кгс). Поперечное смещение контактов относительно друг друга во включенном положении допускается не более 1 мм. Выход из углублений винтов указывает на возможное ослабление крепления дугогасительного рога на кронштейне подвижного контакта. При этом рог покачивается при легком нажатии на него.

Сняв чехлы, проверяют крепления полюсных наконечников к держателю неподвижного контакта и сердечнику дугогасительной катушки. Нужно помнить, что полюсные наконечники у этих аппаратов являются проводниками тока, поэтому их ослабление быстро приводит к чрезмерному нагреву, оплавлению, выгоранию деталей и отказу ГП. Осматривая чехлы, убеждаются в отсутствии обугливаний краев вырезов вокруг дугогасительной катушки. Такое обугливание указывает на плохую работу контактора.

Токоприемники и крышевое оборудование очищают от грязи салфетками, смоченными в керосине. Тщательно протирают салфетками, слегка смоченными растворителем, и осматривают изоляторы и воздушные рукава. Для очистки поверхностей изоляторов обычно используют в качестве растворителя спирт или бензин. Применяемая жидкость не должна растворять материал воздухопроводов, изготовленных из полимеров, и приводить к появлению трещин на их поверхности.

Трещины в фарфоровых изоляторах обнаруживают по изменению звучания при легком обстукивании их деревянной палочкой. Пропуск воздуха в рукавах, соединениях трубопроводов и проходных изоляторах определяют на слух.

После осмотра токоприемников проверяют состояние вентильного разрядника. Корпус разрядника одновременно с другими изоляторами, расположенными на крыше электровоза, протирают чистыми салфетками. Осматривают контакты заземления крышевых разъединителей и проверяют состояние и крепление шунтов и шин, соединяющих аппараты крышевого оборудования. Для оценки состояния, протирки и крепления деталей проходного изолятора главного ввода электровозов ВЛ10 и ВЛ23 снимают защитный кожух.

Для проверки состояния высоковольтных межсекционных кабелей и проводов в кузове снимают наружные и дополнительные клицы, протирают и осматривают изоляцию кабелей. Высоковольтные кабели в кузове осматривают, сняв люк пола.

4. Техническое обслуживание низковольтной аппаратуры

Техническое обслуживание низковольтной аппаратуры целесообразно начинать с проверки соответствия предохранителей номинальным значениям.

Низковольтные приборы и аппараты проверяют включением их с обоих постов управления. Это дает возможность убедиться в целостности электрической цепи и в какой-то мере в исправности составляющих ее элементов: предохранителей, проводов, выключателей, блок-контактов, резисторов и реле.

Обычно можно непосредственно наблюдать включение приборов и аппаратов и на основании этого сделать предварительное заключение об исправности элементов проверяемой цепи. Однако, чтобы гарантировать их надежную работу между плановыми ремонтами, необходимо внимательно осмотреть все низковольтные аппараты. При этом следует обратить внимание на целость корпуса аппарата, надежность крепления его деталей и исправное состояние контактов. Изоляция подходящих к аппарату проводов не должна иметь механических повреждений, подгаров и оплавлений. Провода должны свободно, без натяга подходить к аппаратам и прочно крепиться в зажимах. Число оборванных жил одного провода не должно превышать 20%.

Осматривая контроллеры машиниста, проверяют крепление контакторных элементов, проводов и наконечников. Обращают внимание на разрыв и провал контактов. Проверяют исправность механических блокировок и замков рукояток контроллеров. Сегменты контактов промывают бензином и насухо вытирают салфеткой.

Низковольтные блок-контакты высоковольтного оборудования проверяют одновременно с осмотром самих аппаратов. Межсекционные низковольтные соединения электровозов ВЛ8 и ВЛ10 протирают и осматривают. При необходимости разъединяют штепсели с розетками, чтобы убедиться в целости изоляторов и штырей. Плотно соединив штепсели и розетки после осмотра, проверяют исправность рычажного устройства, убеждаются в отсутствии повреждений гибких соединений.

5. Техническое обслуживание аккумуляторной батареи

Осматривая аккумуляторную батарею, обращают внимание на прочность крепления элементов в ящиках, отсутствие течи электролита, проверяют надежность крепления и целость перемычек. Изоляция проводов, подсоединенных к батарее, должна быть исправной. Для предохранения ее от перетирания в месте прохода проводов через стенку ящика должна быть резиновая втулка.

Уровень электролита контролируют во всех элементах. Для этой цели удобно пользоваться обыкновенной стеклянной трубкой, погружая ее в электролит до пластин. Закрыв пальцем наружное отверстие трубки, вынимают ее и оценивают уровень электролита по высоте столбика жидкости в нижнем конце трубки. Уровень электролита должен быть выше верхней кромки пластин в элементах щелочных батарей 33КН-100 и 40КН-125 на 5–12 мм.

При снижении уровня электролита и оголении пластин происходит разрушение активной массы. В случае излишнего наполнения элемента электролит, расширяясь при нагревании, выливается через пробку. Интенсивное выкипание электролита является следствием больших зарядных и разрядных токов. Большие токи вызывают также бурное газовыделение, выпадение активной массы из пластин и постепенное разрушение аккумуляторной батареи.

Слесарю-аккумуляторщику необходимо ознакомиться с записями в книге технического состояния электровоза. При наличии замечаний о повышенных токах заряда он должен настроить регуляторы напряжения панели управления (распределительного щита) на нормальное напряжение и ток зарядки батареи.

Проверку настройки панели управления следует выполнять и после зачистки контактов регулятора напряжения и регулировки зазоров между ними, а также после замены резисторов, реле обратного тока и приборов на панели управления.

Плотность электролита измеряют сифонным ареометром. Действие прибора основано на использовании закона Архимеда: чем больше плотность электролита, тем больше усилие, выталкивающее из него ареометр 3. Электролит отсасывают из элемента резиновой грушей 1 в стеклянный сосуд 2 и замечают деление, до которого ареометр 3 погрузился в электролит 4. Плотность летнего электролита щелочных батарей 33КН-100 и 40КН-125 составляет 1,19–1,21 г/см^3. Электролит с такой плотностью можно применять при температуре воздуха от –15 °С до +35 °С. Плотность электролита щелочных аккумуляторов при заряде не меняется.

Для выявления сильно разряженных и неисправных элементов батареи измеряют напряжение на зажимах каждого элемента. Использовать для этой цели обычный вольтметр нельзя, так как напряжение ненагруженного элемента, даже сильно разряженного, может быть равным норме и резко падает только при подключении

нагрузки. Поэтому для измерения напряжения на элементах батареи используют пробник, к контактам которого параллельно вольтметру 2 подключают съемный балластный резистор 4, подбираемый для протекания тока восьмичасового разряда 12,5 А при проверке батареи 33КН-100 и 15 А при проверке батареи 40КН-125.

Набор шунтов аккумуляторных пробников рассчитан на напряжение 2,3 В кислотных аккумуляторов. Напряжение же щелочных аккумуляторов равно 1,3–1,1 В. Поэтому при измерении напряжения кислотного аккумулятора с шунтом сопротивлением 2,3 Ом по нему протекает ток 1 А, а при измерении этим же пробником напряжения щелочного аккумулятора ток составляет 0,5 А. Учитывая это, для измерения напряжения щелочного аккумулятора к пробнику подсоединяют шунт, на котором указано значение тока, в 2 раза большее полученного по расчету для данного аккумулятора.

При измерении подвижную ножку 1 пробника устанавливают так, чтобы расстояние между ножками было равно расстоянию между полюсными зажимами 6 испытуемого аккумулятора. Согнутую ножку пробника обязательно ставят на положительный полюс аккумулятора и плотно прижимают острие контактных ножек к полюсным выводам. Вольтметр показывает напряжение ненагруженного аккумулятора. Для определения напряжения аккумулятора под нагрузкой нажимают на кнопку 3 ручки прибора и держат так не более 5 с. Если аккумулятор разряжен, то напряжение его под нагрузкой быстро падает до 1 В и ниже.

Сжатые сроки выполнения ТР-1 требуют четкой и слаженной работы всех исполнителей, умения быстро оценить состояние аппаратов и особого внимания при выполнении всех операций. Например, на проверку состояния выключателей управления ВУ-223А электровозов ВЛ10 и ВЛ11 по нормам отводится только 4 мин. За это время слесарь должен отвернуть винты, снять кожухи, оценить состояние аппаратов, проверить крепление деталей, прозвонить предохранители, поставить кожуха и закрепить.

В таких условиях особенно важно не прерывать начатой работы, не передавать незавершенную работу другому исполнителю, стараться случайно не нарушить состояние рядом расположенных аппаратов.

Организация работ должна предусматривать последовательность перехода от одной группы аппаратов к другой так, чтобы специа-

листы, обслуживающие различное оборудование, не мешали друг другу. Завершать работы по каждой группе оборудования должен старший слесарь или неосвобожденный бригадир. Качество выполнения технического обслуживания и состояние наиболее ответственного оборудования должен оценить мастер или приемщик локомотивов.

Закрывая кожухи аппаратов, крышки пультов или двери высоковольтной камеры, необходимо еще раз убедиться, что все оборудование приведено в работоспособное состояние и его нормальному функционированию не мешают посторонние предметы.

Каждому слесарю желательно носить используемый инструмент и электротехнические материалы в специальных готовальнях. Покидая электровоз, следует проверить, что все принесенное вновь уложено в готовальню и ничего не оставлено на рабочих местах.

В завершение ТО-3 проверяют еще раз работу всех низковольтных и высоковольтных приборов и аппаратов, имитируя режимы тяги и электрического торможения и осуществляя включение с обоих постов управления.

После постановки электровоза под контактный провод проверяют работу всего оборудования под высоким напряжением и окончательно принимают электровоз.

Список литературы

1. Аникеев И.П. Электрические аппараты тепловозов 2ТЭ10М. Учебное пособие. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. 85 с.

2. Бервинов В.И., Доронин Е.Ю., Зенин И.П. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов. Учебное пособие. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. 332 с.

3. Верхоглядов С.В. Устройство и эксплуатация рельсового автобуса РА-1. Учебное пособие для машинистов и помощников машинистов. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. 108 с.

4. Вилькевич Б.И. Автоматическое управление электрической передачей и электрические схемы тепловозов. М.: «Транспорт», 1987. 272 с.

5. Вилькевич Б.И. Электрические схемы тепловозов 3ТЭ10М, 2ТЭ10М, 2ТЭ10В, 2ТЭ10Л, ТЭП60. Изд. 3-е. М.: «Транспорт», 1983. 221 с.

6. Грудин Н.А. Унифицированная система автоматического регулирования электропередачи и электроприводов тепловозов 2ТЭ10М, 2М62УК, ЧМЭ3К и ТЭП70. Учебное пособие. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. 144 с.

7. Дайлидко А.А., Ветров Ю.Н., Брагин А.Г. Конструкция электровозов и электропоездов. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 348 с.

8. Данковцев В.Т., В.И. Киселев, В.А. Четвергов. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. 558 с.

9. Ермишкин И.А. Конструкция электроподвижного состава. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. 376 с.

10. Ермишкин И.А. Электрические цепи ЭПС. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016. 271 с.

11. Калинин В.К. Электровозы и электропоезда. М.: «Транспорт», 1991. 480 с.

12. Калинин В.К., Михайлов М.Н. Электроподвижной состав железных дорог. / Изд. 2-е. М.: «Транспорт», 1964. 500 с.

13. Калинин В.К., Михайлов М.Н., Хлебников В.Н. Электроподвижной состав железных дорог.– Изд. 3-е. М.: «Транспорт», 1972. 536 с.

14. Николаев А.Ю., Сесявин Н.В. Устройство и работа электровоза ВЛ80С. М.: Маршрут, 2006. 512 с.

15. Осинцев И.А. Устройство и работа электрической схемы электровозов серии ВЛ10 и ВЛ10У. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. 384 с.

16. Осинцев И.А., Логинов А.А. Электровоз ВЛ10КРП. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. 410 с.

17. Папченков С.И. Электрические аппараты и схемы тягового подвижного состава железных дорог. М.: Желдориздат, 2000. 578 с.

18. Папченков С.И. Электрические аппараты и схемы тягового подвижного состава железных дорог. М.: Желдориздат, 2002. 603 с.

19. Пегов Д.В., Бурцев П.В., Андреев В.Е. Руководство по устройству электропоездов ЭТ2, ЭР2Т, ЭД2Т, ЭТ2М. М.: Центр Коммерческих Разработок, 2005. 184 с.

20. Петропавлов Ю.П. Технология ремонта электроподвижного состава. М.: Маршрут, 2006. 432 с.

21. Попов Ю.В., Стрекалов Н.Н., Баженов А.А. Конструкция электроподвижного состава. Учебное пособие. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. 271 с.

22. Просвирин, Б.К. Электропоезда постоянного тока. Учебное пособие. М.: УМК МПС России, 2001. 669 с.

23. Раков В.А. Пассажирский электровоз ЧС2. Изд. 3-е. М.: «Транспорт», 1976. 320 с.

24. Скоростной электропоезд ЭС1 «Ласточка»: Учебное пособие / А.Ю. Слизов [и др.]. М.: «Издательский дом «Автограф», 2015. 236 с.

25. Тепловоз 2ТЭ10В. Руководство по эксплуатации и обслуживанию. М.: «Транспорт», 1975. 432 с.

26. Тепловозы 2ТЭ10М, 3ТЭ10М. Устройство и работа / С.П. Филонов, А.Е. Зиборов, В.В. Ренкунас [и др.]. М.: «Транспорт», 1986. 288 с.

27. Устройство и ремонт электровозов постоянного тока / С.А. Алябьев, Е.В. Горчаков, С.И. Осипов [и др.]. М.: «Транспорт», 1977. 464 с.

28. Цукало П.В. Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р / П.В. Цукало, Н.Г. Ерошкин. М.: «Транспорт», 1986. 359 с.

29. Электровоз ВЛ80Р. Руководство по эксплуатации / Под ред. Б.А. Тушканова. М.: «Транспорт», 1985. 541 с.

30. Электровоз ВЛ80С. Руководство по эксплуатации / Н.М. Васько, А.С. Девятков, А.Ф. Кучеров [и др.]. М.: «Транспорт», 1990. 454 с.

31. Электровоз ВЛ10 / Под ред. О.А. Кикнадзе. М.: «Транспорт», 1973. 440 с.

Интернет ресурсы:

1. Архив 1315 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://etrain.ru/archives/1315, свободный. Загл. с экрана.

2. Главный переключатель ЭКГ-8Ж [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://poznayka.org/s93469t1.html, свободный. Загл. с экрана.

3. Главный контроллер ЭКГ-8Ж [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl 80c/vl80c_33.html, свободный. Загл. с экрана.

4. Групповой переключатель [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Групповой переключатель, свободный. Загл. с экрана.

5. Групповые переключатели ПКГ-4 и ПКГ-6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lit-yaz.ru/fizika/17845/index.html, свободный. Загл. с экрана.

6. Индуктивные шунты ИШ-84 и ИШ-95 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl80k/vl80k_45.html, свободный. Загл. с экрана.

7. Как устроен и работает тепловоз [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sinref.ru/000_uchebniki/05300_transport_jd_teplovozi/000_kak_ustroen_i_rabo taet_teplovoz_drobinski_ 1980/124.htm, свободный. Загл. с экрана.

8. КВЦ-2А [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/ 3_201209_konstruktsiya-i-printsip-deystviya.html, свободный. Загл. с экрана.

9. Контакторы с дугогашением ЭКГ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://poznayka.org/s93470t1.html, свободный. Загл. с экрана.

10. Контроллер машиниста [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lokomo.ru/podvizhnoy-sostav/kontroller-mashinista.html, свободный. Загл. с экрана.

11. Конструкция и принцип действия тормозного переключателя ТК-8Б [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfiles.net/preview/2895114/page:6/, свободный. Загл. с экрана.

12. Назначение групповых переключателей ПКГ-4Б, ПКГ-6Г [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://helpiks.org/2-41701.html, свободный. Загл. с экрана.

13. Пантограф (токоприемник) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пантограф_токоприемник, свободный. Загл. с экрана.

14. Пантографы электроподвижного состава и их содержание [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sinref.ru/000_uchebniki/ 00850_energetica/003_montaj_expluatacia_i_remont_kontaktnoi_seti_belaev_1964/082.htm, свободный. Загл. с экрана.

15. Переключатели кулачковые групповые ПКГ-4Б [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl10/vl10_28.html, свободный. Загл. с экрана.

16. Переключатели кулачковые групповые ПКГ-6Г [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl10/vl10_28.html, свободный. Загл. с экрана.

17. Промежуточные реле [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl60/vl60_72.html, свободный. Загл. с экрана.

18. Расчет и построение силовой электропневматической установки в лаборатории «Механическая часть ПС» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vunivere.ru/work12109/page7, свободный. Загл. с экрана.

19. Редуктор ЭКГ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/17_32414_reduktor-ekg.html, свободный. Загл. с экрана.

20. Реле боксования [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/ 17_36386_ rele-boksovaniya.html, свободный. Загл. с экрана.

21. Ремонт тягового электродвигателя [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfiles.net/preview/ 5906756/, свободный. Загл. с экрана.

22. Реле управления тепловоза 2м62 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.dieselloc.ru/2m62/2m62_22.html, свободный. Загл. с экрана.

23. Сглаживающие устройства (фильтры) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://m.studref.com/446238/tehnika/sglazhivayuschie_ustroystva_filtry, свободный. Загл. с экрана.

24. Теория № 18. Аппараты личной безопасности, безопасность управление поездом [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mylektsii.ru/9-113275.html, свободный. Загл. с экрана.

25. Техническое обслуживание электрических аппаратов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl 11/vl11_125.html, свободный. Загл. с экрана.

26. Токоприемник для контактного рельса [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Токоприемник, свободный. Загл. с экрана.

27. Токоприемник Л-13У1 (Л-14М1) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl 80t/vl80t_38.html, свободный. Загл. с экрана.

28. Токоприемник ТАсС-10-01 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://poznayka.org/s93468t1.html, свободный. Загл. с экрана.

29. Токоприемники [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/ehlektrovozy-i-ehlektropoezda-kalinin/tokopriemniki, свободный. Загл. с экрана.

30. Токоприемники [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/11_76159_konstruktsii-tokopriemnikov.html, свободный. Загл. с экрана.

31. Устройство и ремонт быстродействующего выключателя БВЗ-2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pomogala.ru/d_4.3_ bvz2.html, свободный. Загл. с экрана.

32. Устройство и ремонт групповых переключателей ПКГ-4 и ПКГ-6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://scbist.com/studentu-lokomotivschiku/23134-ustroistvo-i-remont-gruppovyh-pereklyuchatelei-pkg-4-i-pkg-6-a.html, свободный. Загл. с экрана.

33. Устройство и ремонт пневматических контакторов ПК-356, ПК-358, ПК-360 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pomogala.ru/ diplom_images/5.8_fragment.pdf, свободный. Загл. с экрана.

34. Эксплуатация системы УСТА на тепловозе [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://helpiks.org/ 3-66537.html, свободный. Загл. с экрана.

35. Электровозы ВЛ [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/kharakteristiki-tokopriemnikov.html, свободный. Загл. с экрана.

36. Электромагнитные контакторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.su/ 12_7720_elektromagnitnie-kontaktori.html, свободный. Загл. с экрана.

37. Электропневматические индивидуальные контакторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.electri4ka.com/books/lisicin_chs2t/ lisicin_23.html, свободный. Загл. с экрана.

38. Электропневматические индивидуальные контакторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://topuch.ru/elektropnevmaticheskie-individualenie-kontaktori/index.html, свободный. Загл. с экрана.

39. Электропневматические и электромагнитные контакторы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.poezdvl.com/vl8/vl8_10.html, свободный. Загл. с экрана.

40. Электровозы и механизмы [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://satu.kz/p2911557-plakaty-elektrovozy-mehanizmy.html, свободный. Загл. с экрана.

Оглавление

Учебное издание

Соломатин Александр Владимирович

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Подписано в печать 29.01.2021 г.
Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Печ. л. 13,5. Тираж 300 экз. Заказ
ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте».
105082, Москва, ул. Бакунинская, д.71.
Тел.: +7 (495) 739-00-30.
e-mail: info@umczdt.ru.
http://www. umczdt.ru

Для заметок